



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG

Monitorização do Gás Radão num Edifício Escolar Classificado do Alto

2017



João Silva



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Monitorização do Gás Radão num Edifício Escolar Classificado do Alto Minho

João Pedro da Cunha Alves Ferreira da Silva

Escola Superior de Tecnológica e Gestão



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

João Pedro da Cunha Alves Ferreira da Silva

MONITORIZAÇÃO DO GÁS RADÃO NUM EDIFÍCIO ESCOLAR CLASSIFICADO DO ALTO MINHO

Mestrado de Engenharia Civil e do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António José Candeias Curado
E coorientação
Professor Doutor Sérgio Ivan Fernandes Lopes

Novembro de 2017

MEMBROS DO JÚRI NOMEADOS

Presidente

Professor Doutor Pedro da Silva Delgado

Arguente

Professor Doutor Miguel Jorge Monteiro de Magalhães Ferreira

Orientador

Professor Doutor António José Candeias Curado

Coorientador

Professor Doutor Sérgio Ivan Fernandes Lopes

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

Agradecimentos

Muito antes da realização da presente Dissertação e mesmo durante a sua execução foram muitas as pessoas que permitiram que se concretizasse, às quais quero deixar o meu profundo agradecimento por todo o apoio e incentivo prestado.

O mais sincero agradecimento ao meu orientador, Professor Dr. António Curado pelo seu apoio, conselhos partilhados, permanente disponibilidade e pelo acompanhamento ao longo de todo este processo.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Sérgio Lopes, pelo auxílio, críticas, opiniões e conselhos dados durante o trabalho de campo e a realização do tratamento de dados.

À Escola Superior de Tecnologia e Gestão-IPVC, pela disponibilização dos equipamentos utilizados que levaram a cabo à instrumentação presente na Dissertação.

À diretora da Escola Superior Agrária, Professora Dra. Ana Vale, por ter colocado à disposição em horário pós-laboral o edifício instrumentado.

Ao senhor Guilherme Coelho, CEO da empresa Geohabitat, pela sua disponibilidade em ajudar e fornecer apoio científico na área.

A todo o Departamento de Engenharia Civil pelo progresso na minha formação, tal como aos meus professores e colegas de curso pelo apoio ao longo deste trajeto, especialmente ao António Carvalho, Henrique Meira, João Branco, José Caçador e Marcelo Lário.

Aos meus pais por terem tornado a minha formação possível e por sempre acreditarem que o filho conseguiria atingir os seus objetivos, mesmo quando já ninguém o pensaria.

À minha namorada e companheira por todo o apoio fornecido e principalmente pela paciência tida durante todo este percurso.

Um grande e sincero, obrigado.

Resumo

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o gás radão é o principal agente causador de cancro do pulmão, para a população não fumadora. Este gás está associado, em grande parte, à geologia dos locais e ao uso da rocha granítica como elemento construtivo, armazenando-se no interior dos edifícios, em cenários de pouca ventilação.

A região do Minho surge em Portugal como uma das regiões mais afetadas ao nível da concentração de gás radão, acompanhando a geologia que o solo naturalmente oferece. O edifício tomado como Caso de Estudo no estudo desenvolvido, localiza-se no concelho de Ponte de Lima, distrito de Viana do Castelo. Trata-se de um edifício classificado, de carácter patrimonial, recentemente convertido em edifício escolar.

O estudo experimental desenvolvido envolveu a monitorização da concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa do ar interior num edifício escolar tomado como Caso de Estudo. Em simultâneo foi instrumentada a concentração dos gases dióxido e monóxido de carbono.

Para além da sua caracterização construtiva, cada compartimento foi caracterizado em termos de ventilação - os períodos de ventilação desses compartimentos foram identificados mediante o preenchimento de inquéritos por parte dos ocupantes.

Tendo como base os resultados experimentais obtidos, conclui-se que 77% das amostras ensaiadas registam concentrações de gás Radão acima do valor de referência segundo a Portaria nº 353-A/2013 [1], e 82% das amostras excedem o valor limite referido pela Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM [2].

De forma a poder solucionar o problema da elevada concentração de gás Radão no interior dos edifícios, apresentam-se medidas gerais de mitigação, tais como a extração de gás e a selagem de pavimentos. A par das medidas gerais é apresentada uma medida mitigadora particular, a aplicar no compartimento do edifício estudado onde foram detetados os valores de concentração de gás Radão mais graves durante a 1ª e 2ª fase de monitorização.

Palavras Chave: Radão, Monitorização, Alto Minho, Mitigação.

Abstract

According to the World Health Organization (WHO), radon gas is the main causative agent of lung cancer, for the non-smoker population. This gas is associated, in large part, with the geology of the sites and the use of the granite rock as a constructive element, storing in its interior in scenarios of little ventilation.

The Minho region appears in Portugal as one of the most affected regions by the concentration of radon gas, following the geology that the soil naturally offers. The building taken as Case Study in the study developed, is located in the municipality of Ponte de Lima which is inserted in the district of Viana do Castelo. It is a classified building, of patrimonial character, recently converted into a school building.

The experimental study developed involved the monitoring of radon gas concentration, temperature and relative humidity of indoor air in the school building taken as Case Study. During that time, the concentration of the dioxide and carbon monoxide gases were also instrumented.

In addition to their constructive characterization, each compartment was characterized in terms of ventilation - the ventilation periods of these compartments were identified through the completion of inquiries by the occupants.

Based on the experimental results obtained, it is concluded that 77% of the samples tested have radon gas concentrations above the reference value according to Ordinance No. 353-A / 2013 [1] and in 82% of the samples exceed the limit value referred to in European Directive 2013/59 / EURATOM [2].

In order to solve the problem of high concentration of Radon gas inside buildings, general mitigation measures are presented, such as gas extraction and pavement sealing. In addition to the general measures, a particular mitigating measure is presented, to be applied in the compartment where the most severe values of concentration of Radon gas were detected during the 1st and 2nd monitoring phase.

Keywords: Radon, Monitoring, Alto Minho, Mitigation.

Lista de Siglas

Bq - Bequerel

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

CSN – Conselho de Segurança Nuclear

DAS – Despressurização Ativa do Solo

DPS - Despressurização Passiva do Solo

EEA - Agência Europeia do Ambiente

ESA – Escola Superior Agrária

EURATOM - Comunidade Europeia de Energia Atómica

HPA – Agência de Proteção de Saúde

ICRP – Comissão Internacional de Proteção Radiológica

ITN - Instituto Tecnológico Nuclear de Portugal

OMS - Organização Mundial de Saúde

QAI - Qualidade do Ar Interior

Rn - Radão

RPSRI – Regulamento de Proteção Contra a Radiação Ionizante

°C - Graus Celsius

Índice de figuras

Figura 1 - Decaimento do Urânio com desintegração em descendentes sólidos do Radão.....	3
Figura 2 - Vias de penetração de gás Radão nos edifícios.	4
Figura 3 - Mapa de Radão em Portugal. [6] [7]	6
Figura 4 - Mapa de Radão interior na Europa, EEA, dezembro de 2011. [12] ...	7
Figura 5 - Mapa de Radão em Inglaterra. [13].....	8
Figura 6 - Mapa do Radão em Espanha. [14]	9
Figura 7 - Mapa de Radão em França (31 Regiões em Risco). [16]	10
Figura 8 - Metodologia utilizada no estudo (Tópicos Gerais).	18
Figura 9 - Metodologia utilizada no estudo (Tópicos).....	20
Figura 10 - Edifício Instrumentado (Vista 3D - Google Earth).	21
Figura 11 - Alçado Lateral, Escola Superior Agrária.	21
Figura 12 - Localização da Amostra em estudo (Vista - Google Earth).....	22
Figura 13 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha1. [31].....	23
Figura 14 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5A, Refóios do Lima. [29]	24
Figura 15 - Sensor (Canary Pro Series). [40]	28
Figura 16 - Sonda (VelociCalc 9565-P com Probe 982). [41].....	30
Figura 17 - Sala de estudo (Piso 0).....	31
Figura 18 - Biblioteca (Piso 3).	32
Figura 19 - Sala 1 (Piso 3).....	34
Figura 20 - Sala 1 (Implantação de Sondas).....	35
Figura 21 - Sala 7 (Piso 3).....	36
Figura 22 - Sala SIG (Piso 3).	37
Figura 23 - Sala SIG (Implantação de Sondas).....	39
Figura 24 - Gabinete 305 (Piso 2).	40
Figura 25 - Gabinete 305 (Implantação de Sondas).....	41
Figura 26 - Gabinete 306 (Piso 2).	42
Figura 27 - Gabinete 307 (Piso 2).	43
Figura 28 - Gabinete 309 (Piso 2).	44
Figura 29 - Gabinete técnico (Piso 0).....	46
Figura 30 - Gabinete técnico (Implantação de Sondas).	47

Figura 31 - Secretaria – Piso 1 (subpiso).	48
Figura 32 - Secretaria (Implantação de Sondas).	50
Figura 33 - Sala de Reuniões(Piso1).	51
Figura 34 - Despressurização ativa do solo (DAS).	128
Figura 35 - Despressurização passiva do solo (DPS).	129
Figura 36 - Tela (anti-Radão).	129
Figura 37 - Vedação de Superfícies (Parte inferior e superior da Laje).	130
Figura 38 - Ventilação de espaços livres.	131
Figura 39 - Ventilação de espaços ocupados.	132
Figura 40 - Admissão e Exaustão de ar (Corte).	133
Figura 41 - Admissão e Exaustão de ar (Vista e Corte).	134
Figura 42 - Processo convectivo.	135
Figura 43 - Processo mitigador proposto.	136
Figura 44 - Classificação de medidas mitigadoras segundo BRE. [43]	137

Índice de tabelas

Tabela 1 - Amostras 1ª Fase.....	25
Tabela 2 - Amostras 2ª Fase.....	25
Tabela 3 - Características das diferentes tipologias de detetores.	28
Tabela 4 - Incerteza de medição Radão e Parâmetros higrotérmicos, detetores Canary Pro Series. [27]	29
Tabela 5 - Incerteza de medição CO ₂ , CO e Parâmetros higrotérmicos, detetores. [28]	30
Tabela 6 - Amostra A (Parâmetros).....	57
Tabela 7 - Amostra B (Parâmetros).....	60
Tabela 8 - Amostra C (Parâmetros).	64
Tabela 9 - Amostra D (Parâmetros).	67
Tabela 10 - Amostra E (Parâmetros).....	70
Tabela 11 - Amostra F (Parâmetros).....	73
Tabela 12 - Amostra G (Parâmetros).	77
Tabela 13 - Amostra H (Parâmetros).	80
Tabela 14 - Amostra I (Parâmetros).	83
Tabela 15 - Amostra J (Parâmetros).	86
Tabela 16 - Amostra K (Parâmetros).....	90
Tabela 17 - Amostra L (Parâmetros).	94
Tabela 18 - Amostra M (Parâmetros).....	99
Tabela 19 - Amostra N (Parâmetros).	104
Tabela 20 - Amostra O (Parâmetros).	108
Tabela 21 - Amostra P (Parâmetros).....	112
Tabela 22 - Amostra Q (Parâmetros).	115

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Amostra A (Radão).....	56
Gráfico 2 - Amostra B (Radão).....	59
Gráfico 3 - Amostra C (Radão).....	63
Gráfico 4 - Amostra D (Radão).....	66
Gráfico 5 - Amostra E (Radão).....	69
Gráfico 6 - Amostra F (Radão).	72
Gráfico 7 - Amostra G (Radão).....	76
Gráfico 8 - Amostra H (Radão).....	80
Gráfico 9 - Amostra I (Radão).	82
Gráfico 10 - Amostra J (Radão).....	85
Gráfico 11 - Amostra K1 (Radão).....	89
Gráfico 12 - Amostra K2 (Radão).....	90
Gráfico 13 - Amostra L1 (Radão).	93
Gráfico 14 - Amostra L2 (Radão).	94
Gráfico 15 - Amostra M1 (Radão).	97
Gráfico 16 - Amostra M2 (Radão).	98
Gráfico 17 - Amostra N1 (Radão).....	102
Gráfico 18 - Amostra N2 (Radão).....	103
Gráfico 19 - Amostra O1 (Radão).....	107
Gráfico 20 - Amostra O2 (Radão).....	108
Gráfico 21 - Amostra P (Radão).....	111
Gráfico 22 - Amostra Q (Radão).....	114
Gráfico 23 - Diagrama Caixa (Amostras Radão).	117
Gráfico 24 - Diagrama Caixa (Amostras Humidade relativa do ar interior).....	118
Gráfico 25 - Diagrama Caixa (Amostras Temperatura interna).	119
Gráfico 26 - Amostras (Médias-Valores de referência segundo Portaria nº 353-A/2013 e Directiva 2013/59 EURATOM).	120
Gráfico 27 - Análise das amostras instrumentadas à luz da Portaria nº353-A/2013 (1ª fase).....	121
Gráfico 28 - Percentagem de valores médios acima da referência segundo a Portaria nº353-A/2013 (2ª fase).....	124

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de Siglas	v
Índice de figuras	vi
Índice de tabelas	viii
Índice de gráficos	ix
1. Introdução	1
2. Estado da Arte	3
2.1. O Gás Radão na Qualidade do Ar Interior (QAI)	3
2.1.1. Enquadramento Regulamentar Legislação Portuguesa	5
2.1.2. Organização Mundial de Saúde (OMS)	6
2.1.3. Legislação na União Europeia	7
2.1.4. Legislação em Inglaterra	8
2.1.5. Legislação em Espanha	9
2.1.6. Legislação em França	10
2.2. Estudos Relacionados	11
2.2.1. Exposição Infantil ao Radão em Infantários e Escolas Primárias (Espanha)	11
2.2.2. Avaliação das Concentrações de Radão no interior de um Edifício de Ensino Superior na Guarda (Portugal): Implicações Legislativas e Medidas Mitigadoras Propostas	12
2.2.3. Resultados das medidas de integração da concentração de atividade de Radão no interior de casas na cidade de Ruzomberok (Eslováquia)	13
2.2.4. Concentração de Radão em escolas públicas do ensino secundário na Galiza (Espanha)	14
2.3. Síntese do Capítulo	15
3. Estudo experimental	17
3.1. Metodologia do estudo experimental	17
3.2. Enquadramento do Caso de Estudo	20
3.3. Geologia do Local	23
3.4. Organização do trabalho experimental	24
3.5. Descrição dos Ensaios Experimentais	27
3.6. Caraterização das Amostras	30
3.6.1. Área destinada aos Estudantes	31

a. Sala de Estudo (Amostra B).....	31
b. Biblioteca (Amostra E).....	32
c. Sala 1 (Amostra I e Amostra O)	33
d. Sala 7 (Amostra J).....	36
3.6.2. Área destinada aos Docentes.....	37
e. Sala SIG (Amostra F e Amostra N)	37
f. Gabinete 305 (Amostra G e Amostra M)	39
g. Gabinete 306 (Amostra P).....	41
h. Gabinete 307 (Amostra Q)	43
i. Gabinete 309 (Amostra H)	44
3.6.3. Área Geral	45
j. Gabinete técnico (Amostra A e Amostra K).....	45
k. Secretaria (Amostra C e Amostra L)	47
l. Sala de Reuniões.....	50
3.7. Síntese do Capítulo.....	52
4. Apresentação dos Resultados Experimentais	54
4.1. Representação dos Resultados Experimentais.....	55
4.1.1. Amostra A.....	56
4.1.2. Amostra B.....	58
4.1.3. Amostra C.....	62
4.1.4. Amostra D.....	66
4.1.5. Amostra E.....	69
4.1.6. Amostra F	72
4.1.7. Amostra G	75
4.1.8. Amostra H.....	79
4.1.9. Amostra I	82
4.1.10. Amostra J	85
4.1.11. Amostra K.....	88
4.1.12. Amostra L.....	92
4.1.13. Amostra M	97
4.1.14. Amostra N	101
4.1.15. Amostra O	106
4.1.16. Amostra P.....	111
4.1.17. Amostra Q	113
4.2. Representação Agregada dos Resultados.....	116

4.3. Síntese do Capítulo.....	120
5. Medidas de Mitigação.....	126
5.1. Medidas de Mitigação Gerais.....	126
5.1.1. Sistemas de Despressurização do Solo (DAS / DPS)	127
5.1.2. Telas (Anti-Radão).....	129
5.1.3. Selagem de Superfícies (Parte inferior e superior da laje)	130
5.1.4. Ventilação.....	130
5.2. Medida de Mitigação Particular	132
5.3. Síntese do Capítulo.....	136
6. Conclusão e Desenvolvimento de Trabalhos Futuros	138
6.1. Conclusão	138
6.2. Desenvolvimento de Trabalhos Futuros.....	139
Referências Bibliográficas	141
ANEXOS	A1
Anexo I - Ficha de Monitorização Tipo	A2
Anexo II - Amostra A	A7
Anexo III - Amostra B	A15
Anexo IV - Amostra C	A24
Anexo V - Amostra D.....	A33
Anexo VI - Amostra E	A41
Anexo VII - Amostra F	A48
Anexo VIII - Amostra G	A56
Anexo IX - Amostra H.....	A64
Anexo X - Amostra I	A72
Anexo XI - Amostra J	A80
Anexo XII - Amostra K (subamostras K1-K2)	A88
Anexo XIII - Amostra L (subamostras L1-L2)	A95
Anexo XIV - Amostra M (subamostras M1-M2).....	A103
Anexo XV - Amostra N (subamostras N1-N2)	A111
Anexo XVI - Amostra O (subamostras O1-O2).....	A119
Anexo XVII - Amostra P	A127
Anexo XVIII - Amostra Q	A135
Anexo XIX - Tabelas (1ª Fase).....	A143
Anexo XX - Tabelas (2ª Fase).....	A147

1. Introdução

A presente dissertação tem um carácter predominantemente experimental que assenta na monitorização da concentração de gás Radão num edifício escolar classificado do Alto Minho, relacionando-a com um conjunto de parâmetros higrotérmicos igualmente medidos, de forma a poder caraterizar o local em estudo.

A região do Minho surge em Portugal como uma zona onde a concentração do gás Radão em ambientes interiores é bastante elevada, determinada em grande parte pela geologia do solo local. No distrito de Viana do Castelo localiza-se o concelho de Ponte de Lima, local de implantação do edifício classificado, de carácter patrimonial, tomado como Caso de Estudo da dissertação em curso.

A escolha do Caso de Estudo obedeceu a diversos aspetos relacionados com geologia do terreno, a morfologia granítica do edificado, a utilização para fins escolares, bem como a classificação do edifício como elemento de carácter patrimonial.

Pretende-se com a realização desta dissertação avaliar a concentração do gás Radão durante duas estações do ano, Primavera e Verão, num edifício escolar em condições de serviço, estabelecendo uma análise regulamentar à luz da legislação aplicável. [1] [2] Complementarmente foi avaliada a concentração dos gases dióxido e monóxido de carbono em parte dos compartimentos instrumentados, à luz da regulamentação aplicável. [1] De forma a poder avaliar o conforto térmico dos compartimentos instrumentados, foi também monitorizada a temperatura e a humidade relativa do ar interior. [36] [38]

A campanha experimental, conforme descrito no subcapítulo 3.4, será faseada e realizada em 2 períodos distintos. Com a campanha experimental desenvolvida foi estabelecida a monitorização do edifício em zonas sujeitas a ocupação permanente, tais como gabinetes de professores, salas de aula, secretaria, biblioteca, entre outros locais, procurando verificar possíveis variações das concentrações de gás Radão com os níveis de ocupação dos compartimentos.

A propagação do gás radão faz-se, em regra, de forma ascensional em estado gasoso, tendo como fonte principal os solos graníticos da região, podendo propagar-se através dos materiais de construção aplicados e dissolvido no vapor de água do ambiente interior.

Assim sendo, as localizações diferenciadas das zonas monitorizadas serão relacionadas com a forma de propagação do gás. Consequentemente verificar-se-á a correlação existente entre as concentrações de gás Radão e piso onde estas são registadas, bem como o impacto que a ventilação dos compartimentos poderá ter na redução das concentrações de gás Radão observadas.

Após a realização do trabalho experimental foi efetuada uma análise numérica e gráfica dos valores instrumentados, e a respetiva comparação com os limites impostos pela legislação Nacional [1], e com os futuros limites impostos pela União Europeia. [2]

Por fim foram enunciadas um conjunto geral de medidas de mitigação, e foi proposta uma solução particular de mitigação para o compartimento em que foram registadas as concentrações mais elevadas.

2. Estado da Arte

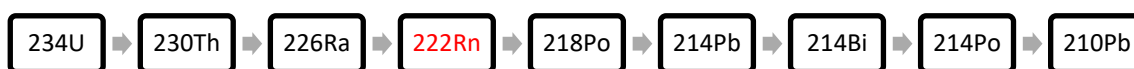
O presente capítulo tem como objetivo realizar uma síntese de alguns estudos relacionados com a caracterização do gás Radão em edifícios escolares, enquadrando de um ponto de vista regulamentar a sua concentração e alertando para a sua perigosidade e necessidade de mitigação.

No subcapítulo 2.1 será abordada a influência do gás Radão na Qualidade do Ar Interior (QAI) e no subcapítulo 2.2 será realizado o seu enquadramento regulamentar. No subcapítulo 2.3 serão detalhados um conjunto de estudos relacionados, que pretendem constituir um breve Estado da Arte sobre o assunto.

2.1. O Gás Radão na Qualidade do Ar Interior (QAI).

O estudo da concentração do gás Radão no ar interior é um fator decisivo na análise da Qualidade do Ar Interior (QAI) dos edifícios. De acordo com [4]: *“Atualmente a Qualidade do Ar é uma matéria de investigação primordial, procurando-se estabelecer uma sintonia entre o conforto das pessoas, a eficiência energética, e o cumprimento da legislação em vigor com vista à proteção da saúde humana.”*

O Radão é um gás nobre radioativo que é encontrado naturalmente no meio ambiente, caracterizando-se pela falta de odor, cor ou até mesmo sabor. O surgimento do gás Radão dá-se através do decaimento do urânio, cf. Figura 1, e pode ser encontrado no solo, em rocha ou até mesmo na água. Além de aparecer no meio ambiente, o urânio poderá estar presente em materiais variados como o betão, tijolo e agregados.



Legenda:

234U- Urânio, 230Th-Tório, 226Ra-Rádio, 222Rn-Radão, 218Po-Polónio, 214Pb-Chumbo, 214Bi-Bismuto, 214Po-Polónio, 210Pb-Chumbo

Figura 1 - Decaimento do Urânio com desintegração em descendentes sólidos do Radão.

O Radão é um radionuclídeo com um período de meia-vida de 3,8 dias [5] [7] [9], ou seja, a sua concentração passa para metade ao fim desse período e assim sucessivamente.

As concentrações de gás Radão na atmosfera exterior são em geral bastante baixas, contudo, no ar interior essa tendência não se demonstra tão efetiva, surgindo em níveis bastante elevados.

Segundo vários autores [3] [8] [9] [10], as concentrações deste gás no interior dos edifícios estão diretamente relacionadas com a geologia do terreno e as concentrações de urânio existentes no solo, sendo frequentemente encontradas concentrações de Radão mais elevadas em pisos térreos pois a densidade do gás é igual a $9,73 \text{ kg/m}^3$ sendo aproximadamente oito vezes superior à do ar que se aproxima do valor de $1,28 \text{ kg/m}^3$.

A transmissão do gás Radão é realizada para o interior dos edifícios através do solo, fissuras nos pavimentos e paredes, imperfeições nas uniões da tubagem, abastecimento de água, juntas entre diferentes componentes e materiais de construção. [33] Através da visualização da figura exemplificativa, *cf.* Figura 2, é possível observar a exalação de gás Radão para o interior dos edifícios.

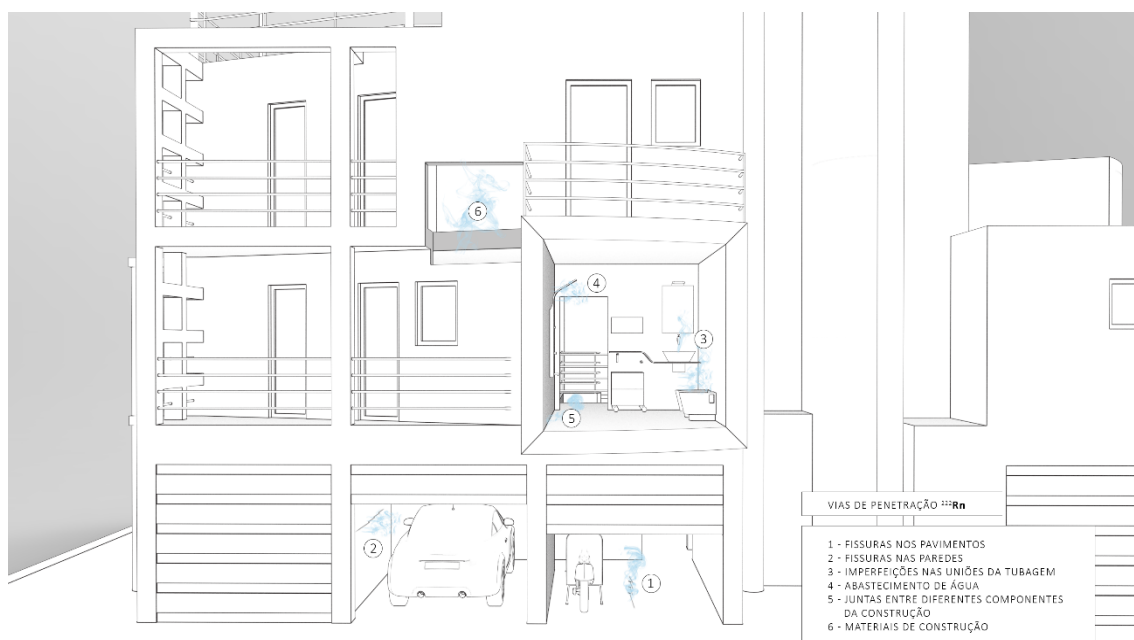


Figura 2 - Vias de penetração de gás Radão nos edifícios.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a exposição prolongada ao gás radiativo Radão, que se acumula no interior das habitações é um dos grandes fatores para o surgimento de cancro do pulmão. Sendo a incidência da mortalidade em Portugal desconhecida, estima-se que 20 000 mortes por ano nos Estados Unidos seja devido à inalação de gás Radão. [11]

Através de estudos realizados, segundo o Instituto Tecnológico e Nuclear de Proteção Radiológica e Segurança Nuclear: “em 4200 habitações, verifica-se que cerca de 60 % das concentrações de gás Radão se situam abaixo de 50 Bq/m³. [7] Os valores mais elevados encontram-se em casas situadas em regiões graníticas. Em 2,6% das habitações controladas, os níveis médios anuais de Radão são superiores a 400Bq/m³”.

A região do Minho surge em Portugal como uma das regiões com maior incidência ao nível da concentração de gás Radão, devido à natureza granítica do solo, tal como observado através carta geológica de Portugal – Folha 1 [31] e do excerto da carta geológica de Portugal-Folha 5A [29], *cf.* Figura 11 e *cf.* Figura 12, respetivamente.

2.1.1. Enquadramento Regulamentar Legislação Portuguesa

Em Portugal, a generalidade de edifícios de serviços públicos, bem como as escolas encontram-se abrangidos pela Portaria nº 353-A/2013 de 4 de dezembro [1], a qual referencia o valor limite da concentração de Radão em 400 Bq/m³.

Importante salientar o facto da legislação nacional ser bastante precisa relativamente às especificidades construtivas referentes à construção de edifícios em zonas graníticas, devendo seguir-se as medidas preventivas abordadas no Despacho nº15793 K/2013 - 11.1.3 [42], que refere: “*Em edifícios construídos em zonas graníticas, deverá proceder-se à construção de um vazio sanitário fortemente ventilado, ou de que qualquer outra solução, como medida preventiva de redução dos níveis de concentração de Radão.*”

A legislação nacional [1], estabelece a obrigatoriedade de instrumentação das concentrações de gás Radão em edifícios de comércio e serviços em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco. [6] [7]

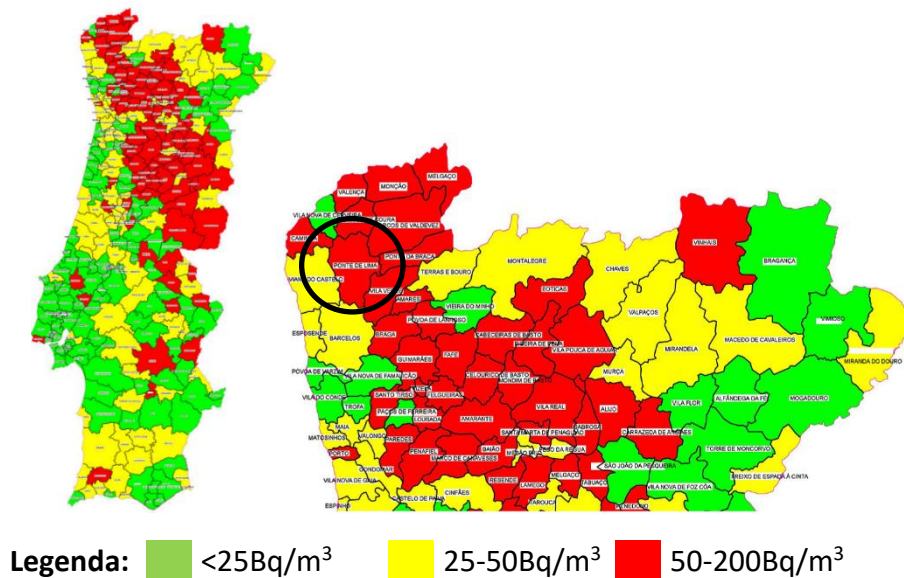


Figura 3 - Mapa de Radão em Portugal. [6] [7]

2.1.2. Organização Mundial de Saúde (OMS)

A Organização Mundial de Saúde conclui tendo como base estudos que relacionam a inalação de gás Radão no interior de edifícios com a incidência de cancro de pulmão na Europa, América do Norte e Ásia, a existência de fortes evidências de que o Radão é responsável por um número substancial de casos de cancro de pulmão na população em geral, estimando-se uma percentagem de 3 a 14% de casos, aumenta proporcionalmente com o aumento da exposição ao gás.

O Radão é de facto a segunda causa de aparecimento de cancro do pulmão a seguir ao fumo do cigarro. [3]

A OMS propõe um nível de referência de 100 Bq/m³ para minimizar os riscos na saúde devido à exposição ao gás Radão em ambiente interior. Consequentemente, caso o nível anteriormente referenciado não possa ser alcançado (em condições específicas vigentes para cada país), o nível de referência escolhido não deverá ser superior a 300 Bq/m³, o que representa cerca de 10 mSv por ano, de acordo com os cálculos recentemente efetuados pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica. [3]

2.1.3. Legislação na União Europeia

A Diretiva 2013/59/EURATOM, do Conselho, de 5 de dezembro de 2013, introduz alterações significativas em matéria de proteção radiológica e de resposta a situações de emergência, revogando a Diretiva 96/29/EURATOM, do Conselho de 13 de maio de 1996, devendo ser transposta para o ordenamento jurídico interno até 2018, definindo as normas de segurança de base para a proteção da saúde das pessoas sujeitas a exposição profissional, exposição da população e exposição médica contra os riscos resultantes de radiações ionizantes.

Esta diretiva informa que os dados epidemiológicos de acordo com estudos efetuados asseguram o aumento do risco de cancro de pulmão através de exposições prolongadas ao Radão, no interior dos edifícios a valores na ordem dos 100 Bq/m³. Desta forma a diretiva europeia estabelece que os estados membros não devam exceder concentrações médias de Radão na ordem dos 300 Bq/m³, em todos os edifícios. [2]

Em 2013 a Agência Europeia do Ambiente (EEA) publicou um mapa com base nas medições existentes, das concentrações de Radão no interior de edifícios, cf. Figura 4. [12]

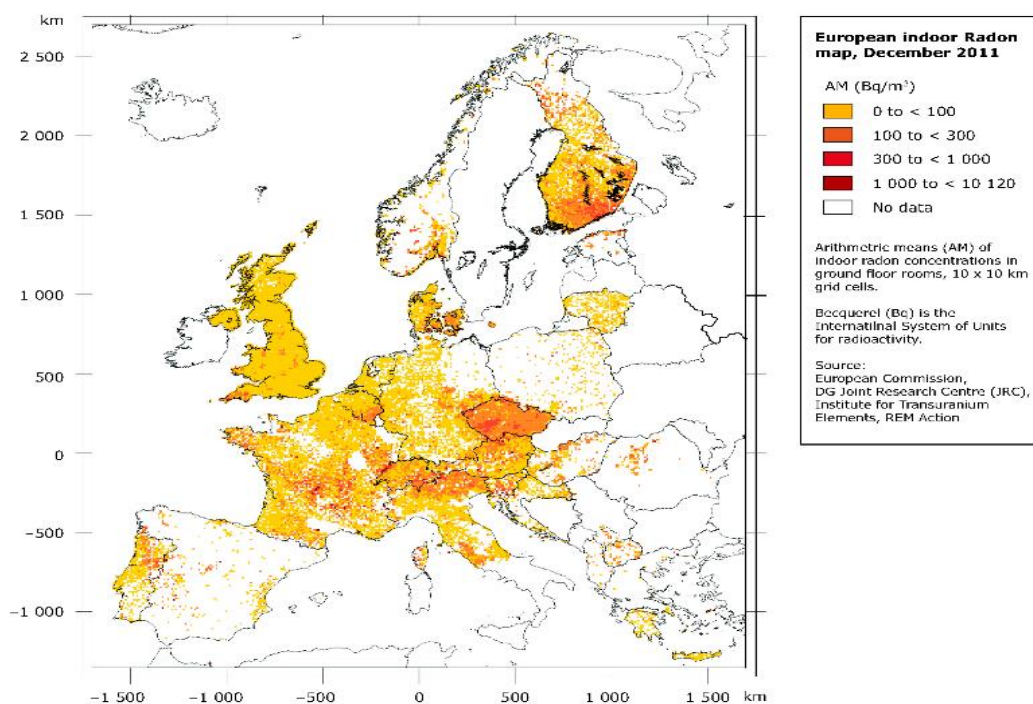


Figura 4 - Mapa de Radão interior na Europa, EEA, dezembro de 2011. [12]

2.1.4. Legislação em Inglaterra

Segundo a recomendação da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) para redução dos valores de referência da concentração de gás Radão em Inglaterra, cf. Figura 5, a Agência de Proteção de Saúde (HPA), determinou como objetivo a ação corretiva em habitações existentes e preventiva em novas.[13] Assim sendo estabeleceu-se o valor de referência médio anual para concentrações de gás Radão em 200 Bq/m^3 e 100 Bq/m^3 respetivamente, distinguindo-as em 3 áreas distintas conforme o grau de risco, onde se destacam:

- áreas onde menos de 1% das habitações poderão ter níveis de concentração de gás Radão acima do valor referência, são consideradas como áreas de baixo risco;
- áreas em que o intervalo se fixa entre 1 a 10%, são consideradas como áreas de risco intermédio;
- áreas em que mais de 10% dos valores se encontram acima do valor referência, são consideradas áreas de elevado risco.

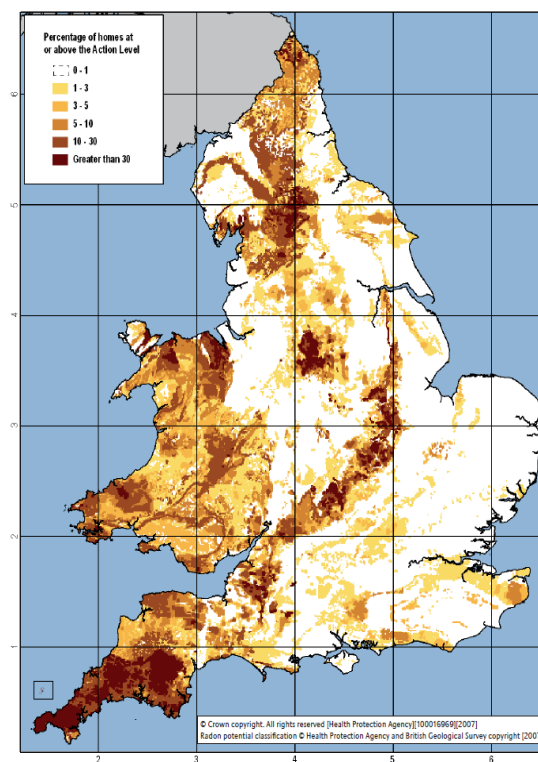


FIGURE 2 Overall map of radon Affected Areas in England and Wales (axis numbers are the 100-km coordinates of the national grid)

Figura 5 - Mapa de Radão em Inglaterra. [13]

2.1.5. Legislação em Espanha

A proteção contra a exposição a radiação natural foi incluída pela primeira vez na legislação espanhola, através do Decreto Real 783/2001 de 6 de Julho, tendo sido aprovado o Regulamento de Proteção contra a radiação ionizante (RPSRI), modificado através do Decreto Real 783/2001. Esta legislação trata da exposição dos trabalhadores a fontes de radiação natural, destacando especificamente as exposições ao gás Radão e aos seus produtos de desintegração.

As normas referentes do Regulamento de Proteção contra a radiação ionizante são complementadas através da instrução 33 (IS-33) que reconhece um valor de referência de 600 Bq/m^3 de concentração média anual para o Radão em locais de trabalho, onde se destacam:

- Locais de trabalho subterrâneo;
- Locais de trabalho em que se lida com águas de origem subterrânea;
- Todos os locais de trabalho situados em zonas identificadas, a definir futuramente pelo CSN (Conselho de Segurança Nuclear).

No que refere aos níveis de proteção contra o gás Radão em habitações, cf. Figura 6, o nível de referência nacional é de 300 Bq/m^3 (valor médio) de concentração anual, sendo de 100 Bq/m^3 para edifícios em fase de projeto. No que refere a edifícios públicos de grande utilização, como hospitais, hotéis, escolas, entre outros, utiliza-se o valor de referência de 300 Bq/m^3 . [14]

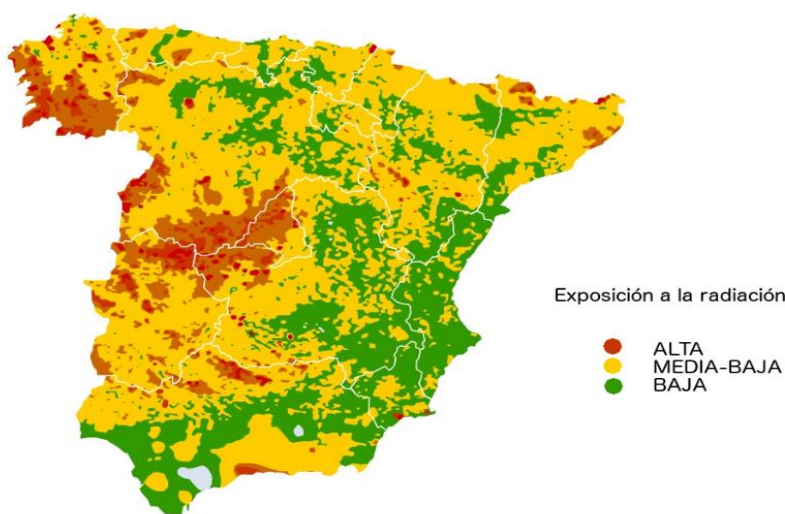


Figura 6 - Mapa do Radão em Espanha. [14]

2.1.6. Legislação em França

Em França a legislação que regula os valores de referência para o gás Radão é a Portaria nº 2016-128 de 10 de fevereiro de 2016, fazendo a distinção no que refere ao combate e exposição do gás, em dois tipos de edifícios, onde se destacam:

- Edifícios públicos e de trabalho subterrâneos (exigência de realização de medições a cada dez anos);
- Edifícios habitacionais.

Desta forma, no relativamente aos *edifícios públicos*, nos casos em que as concentrações se encontrem dentro do intervalo de 400 e 1000 Bq/m³, o proprietário ou entidade empregadora deverá adotar medidas mitigadoras básicas tendo em vista a redução dos níveis registados. No que refere a valores superiores a 1000 Bq/m³, o proprietário ou entidade empregadora deverá prontamente implementar medidas de forma a controlar as concentrações registadas.

Por conseguinte, em *edifícios habitacionais*, segundo o artigo 40 da Portaria nº 2016-128 de 10 de fevereiro de 2016, institui ao senhorio ou vendedor de imóvel localizado numa das 31 regiões de risco, *cf.* Figura 7, que este deverá informar o inquilino ou comprador do risco associado ao gás Radão. [16]

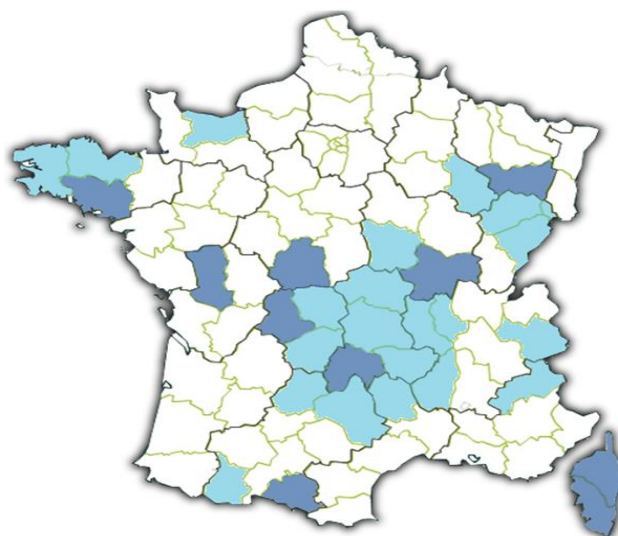


Figura 7 - Mapa de Radão em França (31 Regiões em Risco). [16]

2.2. Estudos Relacionados

No presente subcapítulo serão apresentados alguns estudos científicos importantes no estudo da concentração do gás Radão no interior de edifícios habitacionais e escolares.

2.2.1. Exposição Infantil ao Radão em Infantários e Escolas Primárias (Espanha)

De acordo com os autores, no artigo “Exposição infantil ao Radão em Infantários e Escolas Primárias” [17], verifica-se que as maiores concentrações de gás Radão observadas ocorreram durante o período da noite e madrugada, sendo causadas pela ausência de renovações ar, tendo sido observados os menores valores durante o período diurno.

De acordo com os autores, foram detetadas concentrações de gás Radão mais elevadas nos andares inferiores, mais próximos do solo, principal fonte emissora de gás Radão. Os autores referem que a escolha do piso para implantação das salas de aulas, deve ser considerada criteriosamente aquando da sua implantação em edifícios escolares.

Os autores referem a dificuldade surgida através da análise de dados, no que se refere à relação entre as concentrações de Radão obtidas no interior dos edifícios e a geologia dos locais de implantação dos mesmos.

Relativamente à ação carcinogénica sobre o ser humano, o artigo refere que a inalação do gás Radão tem sido associada ao cancro de pulmão, fazendo também alusão para o facto de não haver um limite inferior de concentração conhecido para que a sua inalação não se traduza em prejuízo para a saúde humana. [17]

2.2.2. Avaliação das Concentrações de Radão no interior de um Edifício de Ensino Superior na Guarda (Portugal): Implicações Legislativas e Medidas Mitigadoras Propostas

Tal como referenciado pela autora Ana Antão, no artigo “Avaliação das Concentrações de Radão no interior de um Edifício de Ensino Superior na Guarda (Portugal): Implicações Legislativas e Medidas Mitigadoras Propostas”, estudos recentes referem que o gás Radão é a causa de um número substancial de casos cancro de pulmão na Europa, América do Norte e Ásia [14] [15] [18] [19] [20]. Atualmente estima-se que haja uma correlação direta entre as concentrações de gás Radão e o aparecimento de cancro de pulmão na população de 3 a 14%.

Conforme a metodologia do ensaio realizado, o objeto de estudo focou-se na realização de ensaios numa sala de aula, num gabinete de docente e na cave, através da monitorização de concentrações de gás Radão, temperatura, humidade e pressão, tendo sido efetuada a monitorização de forma contínua em dois períodos.

As monitorizações realizaram-se em períodos distintos, tendo havido medições em época quente e fria, durante os meses de maio a setembro e de novembro a dezembro de, respetivamente. Segundo a autora, existiu um cuidado especial na colocação dos dispositivos de medição, tendo sido colocados em locais abrigados de correntes de ar, pois segundo a mesma, a metodologia utilizada permitiu relacionar os valores de concentração de gás Radão com as temperaturas e a humidade durante a monitorização.

De acordo com o estudo realizado [21], o aquecimento do interior do edifício e a diferença de temperatura relativamente ao exterior, faz com que o efeito convectivo se faça notar, e que desta forma as diferenças de pressão existentes impulsionem a exalação do gás Radão através da laje da cave.

Assim sendo, verifica-se que os níveis registados são mais elevados durante a época fria e consequentemente menores durante a época quente, sendo explicado esse facto através do efeito convectivo durante o aquecimento, em tempo frio, e o efeito da ventilação durante o tempo quente.

A autora conclui que os valores observados durante a monitorização realizada se encontram acima dos valores regulamentares segundo a Portaria nº 353-A/2013 de 4 de dezembro, que fixa o valor referência em 400Bq/m^3 . Além disso verifica-se também a variação da concentração do gás Radão ao longo do ano podendo atribuir-se à sazonalidade e a ocupação dos compartimentos monitorizadas.

Por fim, conclui-se que a propagação de gás Radão se efetua de forma ascensional, a partir do solo até aos pisos superiores, sendo devida às variações de pressão geradas pelas variações térmicas registadas entre o interior e o exterior do edifício.

A autora refere a proposta de um sistema mitigador, tendo sido escolhido de forma ponderada, dando especial atenção ao clima existente na zona e optando por ventilação mecânica ao invés da ventilação natural, tendo em vista a redução das concentrações observadas. [21]

2.2.3. Resultados das medidas de integração da concentração de atividade de Radão no interior de casas na cidade de Ruzomberok (Eslováquia)

Segundo os autores do artigo “Resultados das medidas de integração da concentração de atividade de Radão no interior de casas na cidade de Ruzomberok” [22], a pesquisa foi realizada em três localidades: Záhorská Bystrica, Mochovce e Ruzomberok, tendo iniciado a monitorização em março de 2012 e prolongando-se por um ano. A instrumentação envolveu 10 habitações localizadas na cidade de Ruzomberok, implantadas de acordo com o mapa de radioatividade natural, em zona de risco baixo e médio.

Através da discussão dos resultados, refere-se que foram monitorizados 20 compartimentos de 10 habitações, tendo sido colocadas as sondas em locais onde a frequência de utilização foi mais intensa, como o quarto, cozinha e sala de estar.

Os autores referem que as maiores concentrações de Radão são esperadas em locais que estejam localizados junto a caves ou a locais imediatamente adjacentes ao solo, como lajes de pavimento, embora neste

estudo não se tenha verificado esse efeito, tendo sido justificada a baixa atividade do gás Radão no interior dos locais monitorizados devido a:

- Uma baixa quantidade de gás Radão no subsolo de uma área de baixo risco de concentrações radioativas;
- Um adequado isolamento das fundações, que pode impedir a entrada de gás nas habitações;
- A ventilação intensiva dos compartimentos.

Quando o compartimento se encontra situado acima de uma cave, o gás Radão tende a acumular-se no ar da mesma, a menos que suas paredes e seu piso fossem completamente isolados do subsolo, estanques.

Segundo o artigo, não foram notadas diferenças significativas ao nível das concentrações de gás Radão no interior dos locais em estudo, no que refere a habitações com e sem cave.

Por fim, concluiu-se que em nenhuma fração em estudo a média de concentração de Radão ultrapassou o limite de 400 Bq/m^3 , sendo detetado em apenas 8 compartimentos uma média superior a 200 Bq/m^3 . [22]

2.2.4. Concentração de Radão em escolas públicas do ensino secundário na Galiza (Espanha)

Segundo o projeto MARNA (Mapa de Radiação Gama Natural), a Comunidade Autónoma da Galiza está identificada como a zona de Espanha onde se poderão encontrar valores de concentração de Radão mais elevados. [23]

Tal como referido pelos autores do artigo “Concentração de Radão em escolas públicas do ensino secundário na Galiza”, o estudo incidiu na área da Galiza, tendo sido alvo de monitorização 58 escolas secundárias.

Inicialmente foram instrumentados os locais em estudo através de medidores de curto tempo, 10 minutos de exposição, aferindo dessa forma quais os locais em que as concentrações de Radão se encontravam acima de 400 Bq/m^3 , sendo confirmados esses valores em posterior instrumentação através de medidores de longo tempo de exposição, 90 dias.

Relativamente ao processo de monitorização realizado, efetuou-se a colocação de monitores em 4 compartimentos por escola, tendo sido escolhidos os locais com maior ocupação humana, como salas de aula ou gabinetes, localizados principalmente em caves ou no primeiro piso dos edifícios.

Durante a discussão dos resultados, os autores referem a existência de uma correlação linear positiva entre a taxa de exposição a ondas gama na área onde as escolas se encontram localizadas e a atividade do gás Radão medido em caves e pisos térreos.

Através do estudo, verifica-se que em 34% das escolas monitorizadas existe pelo menos um local (sala de aula ou gabinete) com valores de concentrações de gás Radão mais elevados do que o nível de referência recomendado pela União Europeia, de 300 Bq/m³, verificando-se ainda que em 15% dos locais, foram encontrados níveis de concentração de gás Radão acima de 800 Bq/m³.

Os autores aludem para o facto de os resultados obtidos serem superiores aos reportados por outros países europeus, países com características geológicas semelhantes, sendo claramente os valores observados excessivos à luz do novo nível de referência de 100 Bq/m³ recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

O estudo conclui a necessidade de alargamento da pesquisa a um número de locais mais elevado de forma a abranger uma área geográfica maior, sendo imperativo ampliar o estudo a jardins de infância e escolas primárias, para estabelecer quais as diretrizes a adotar para uma estratégia de prevenção e mitigação. [24]

2.3. Síntese do Capítulo

O Radão é um gás nobre radioativo presente no solo [3] [8] [9] [10] e nos materiais de construção de origem granítica, caracterizando-se pela falta de odor, cor ou até mesmo sabor.

O gás Radão apresenta um elevado grau de perigosidade para a saúde humana devido às elevadas concentrações presentes no interior dos edifícios, sendo a sua transmissão realizada através do solo, fissuras existentes nos

pavimentos e paredes, imperfeições nas uniões das tubagens, abastecimento de água, juntas entre diferentes componentes e materiais de construção. [32]

Em Portugal o granito existe em abundancia por todo o território, mas é sobretudo encontrado na região Norte do país.[25] O valor de referência máximo para concentrações de gás Radão em Portugal e França é de 400 Bq/m³, em Espanha de 300 Bq/m³, já Inglaterra aconselha um valor máximo de 200 Bq/m³. A par dos valores referência propostos pelos países mencionados, segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, o valor médio máximo de 300 Bq/m³ deverá ser transposto para o ordenamento jurídico interno dos estados membros da EU até ao ano de 2018.

Relativamente a instituições não governamentais, como é o caso da Organização Mundial de Saúde (OMS), é proposto um nível de referência de 100 Bq/m³ minimizando os riscos para a saúde devido à exposição ao gás Radão em ambiente interior

Através dos estudos analisados e segundo diversos autores, verifica-se que a inalação do gás Radão tem sido associada ao cancro de pulmão, sendo também referido o facto de existência de inúmeros casos de cancro de pulmão na Europa, América do Norte e Ásia associados à inalação do gás.

Verifica-se ainda que as maiores concentrações de gás Radão são detetadas em pisos inferiores, mais próximos do solo, sendo esta a principal fonte de emissão do gás Radão, destacando-se ainda o efeito convectivo observado como forma de propagação. Este efeito verifica-se devido ao aquecimento do interior dos edifícios e à diferença de temperatura entre o interior e o exterior. As diferenças de pressão entre ambientes incrementam o processo de propagação.

Os artigos analisados referem ainda que as concentrações de gás Radão poderão ser mais ou menos elevadas devido ao parâmetro renovação de ar, e que o incremento da ventilação poderá ser um fator determinante para a redução dos valores de concentração de gás observados.

3. Estudo experimental

O capítulo 3 é composto por 6 subcapítulos onde será abordado o estudo experimental realizado na presente dissertação.

No subcapítulo 3.1 será abordada a metodologia do estudo experimental através de uma representação gráfica e consequente descrição por etapas.

O subcapítulo 3.2 será destinado ao enquadramento do Caso de Estudo através de uma breve caracterização do edifício e sua localização geográfica.

Relativamente ao subcapítulo 3.3, referente à geologia do local, será realizada uma breve alusão à tipologia de solo existente, apresentando duas cartas geológicas em diferentes escalas (1/50000 e 1/200000) onde se observará com mais detalhe qual o tipo de granito existente na região.

O subcapítulo 3.4 abordará a metodologia adotada para a realização da monitorização e serão apresentadas tabelas onde poderá ser observada a nomenclatura utilizada para a amostragem durante a monitorização.

No que refere ao subcapítulo 3.5 será realizada uma caracterização arquitetónica e construtiva por amostra, sendo realizada através da descrição dos materiais de construção e também pela apresentação das plantas dos compartimentos em estudo com a localização de implantação das sondas bem como as fotos dos locais instrumentados.

O subcapítulo 3.6 abordará em traços gerais qual o método e equipamento a utilizar durante a monitorização dos diferentes parâmetros a instrumentar.

Por fim será realizada no subcapítulo 3.7 uma pequena conclusão do capítulo 3.

3.1. Metodologia do estudo experimental

O subcapítulo 3.1 apresenta a metodologia do estudo experimental utilizada durante a realização da presente dissertação, apresentando o processo das 5 etapas que a constituem. Assim sendo a metodologia utilizada é constituída sequencialmente através do seguinte padrão: seleção da amostra, instrumentação, medição, recolha/tratamento de dados e resultados/conclusão.

De forma a facilitar a interpretação da metodologia adotada foi criado um diagrama com o intuito de descrever todo o processo adotado em apenas 5 tópicos gerais, tal como demonstrada através da Figura 8.

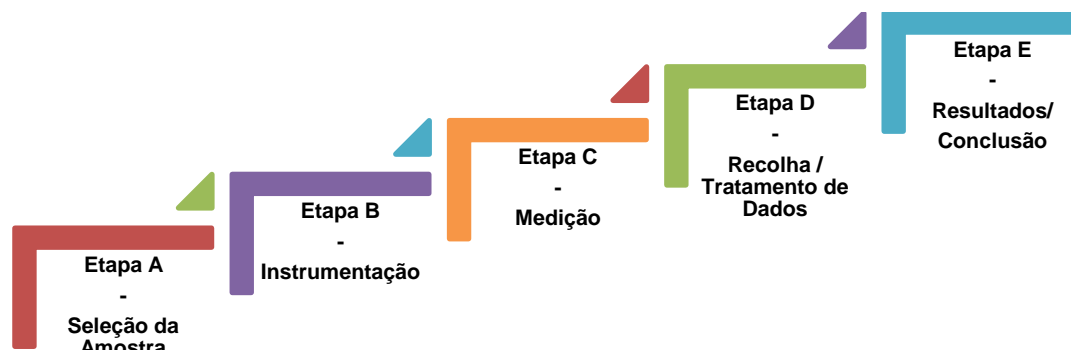


Figura 8 - Metodologia utilizada no estudo (Tópicos Gerais).

Para uma correta interpretação da metodologia do estudo experimental adotada, foram descritas as 5 etapas realizadas do seguinte modo:

A **Etapa A - Seleção da Amostra**, teve como objetivo a seleção do edifício a instrumentar baseando-se numa série de parâmetros, tais como a tipologia do edifício (habitacional, estacionamento, escolar), tipo de construção (material de construção predominante, componentes e características não estruturais), geologia do local, localização geográfica (Viana do Castelo, Barcelos), entre outros.

A **Etapa B - Instrumentação**, envolveu a definição dos parâmetros a monitorizar para efeitos de caracterização do Caso de Estudo a instrumentar (gás Radão, humidade relativa, temperatura, dióxido de carbono, monóxido de carbono). Complementarmente foi definido o tipo de deteção (passiva ou ativa) a utilizar durante o processo de monitorização do gás Radão. A seleção da sonda a aplicar é fulcral tendo em vista a melhor caracterização das amostras instrumentadas.

A **Etapa C - Medição**, teve como objetivo realizar a monitorização das amostras instrumentadas, recorrendo para o efeito às sondas selecionadas na etapa anterior. Tendo em vista uma melhor caracterização das amostras instrumentadas, está incluído nesta etapa o preenchimento da ficha de monitorização, de preenchimento obrigatório pelos ocupantes, tendo em vista a

recolha de informação de natureza técnico-construtiva, bem como das práticas de utilização dos compartimentos instrumentados (ventilação natural, ocupação, etc.) (Anexo I). O processo de medição recorrendo à instalação das sondas implica a verificação prévia de um conjunto de procedimentos, donde se destacam os seguintes: arranque das sondas e verificação da sua aptidão para estabelecer a medição, implantação das sondas evitando a sua possível exposição a radiações, fontes de calor e dispositivos de ventilação.

A **Etapa D - Recolha/Tratamento de Dados**, teve como objetivo o levantamento das sondas dos locais de medição, respetiva recolha de dados de medição, seguido de posterior tratamento numérico e gráfico da informação recolhida. É possível afirmar que a etapa D foi dividida em 2 etapas de menor dimensão: a recolha dos dados e o seu respetivo tratamento. A 1.^a etapa correspondente à recolha de dados e respetivo tratamento numérico da informação monitorizada. Para tal, foi efetuado o levantamento das sondas implantadas no local e consequente transferência da informação memorizada pelo dispositivo móvel para tratamento posterior recorrendo a um *software* de especialidade. A 2.^a etapa correspondente ao tratamento de dados diz respeito ao tratamento gráfico da informação. Para tal efetuou-se a conversão dos dados tratados numericamente num ficheiro editável, ponto de partida para o tratamento gráfico da informação. A Etapa D pressupõe a deslocação ao local para recolha das sondas, leitura dos valores observados no visor LCD, e respetiva anotação na ficha de monitorização, ligação da sonda (através de cabo ou rede wireless) ao computador portátil e transferência de informação através de um software compatível).

A **Etapa E - Resultados/Conclusão**, surge como a última fase do processo tendo como objetivo a análise e interpretação dos resultados e a comparação dos valores assim obtidos, com as recomendações e limites legais impostos pela legislação Portuguesa e Europeia.

Na Figura 9 representa-se por intermédio de um diagrama, todas as etapas anteriormente descritas, podendo esta metodologia ser replicada em trabalhos futuros.



Figura 9 - Metodologia utilizada no estudo (Tópicos).

3.2. Enquadramento do Caso de Estudo

O estudo experimental desenvolvido na presente dissertação consiste na monitorização de parâmetros higrotérmicos (temperatura e humidade relativa do ar interior) e de Qualidade do Ar Interior (concentração de gás Radão, dióxido e monóxido de carbono) de um edifício classificado como monumento nacional, com utilização para fins escolares, localizado em Ponte de Lima, Alto Minho.

O edifício instrumentado situa-se em Refóios do Lima, *cf.* Figuras 10 e 12, freguesia do concelho de Ponte de Lima, distrito de Viana do Castelo.



Figura 10 - Edifício Instrumentado (Vista 3D - Google Earth).

A região do Minho surge em Portugal como uma das regiões com maior incidência ao nível da concentração de gás Radão, acompanhando a geologia que o solo naturalmente oferece, no qual predomina a abundância de maciços graníticos. [25]



Figura 11 - Alçado Lateral, Escola Superior Agrária.

Para a escolha do objeto de estudo, cf. Figura 11, foram considerados diversos aspetos como a geologia do terreno, a sua construção predominantemente granítica, a utilização como edifício escolar e a sua importância cultural e arquitetónica no contexto local e regional.

Conhecido como Mosteiro de Santa Maria de Refóios do Lima o edifício que agora alberga a Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, foi construído no século XII, por D. Afonso Ansemondes, um senhor feudal residente na freguesia.

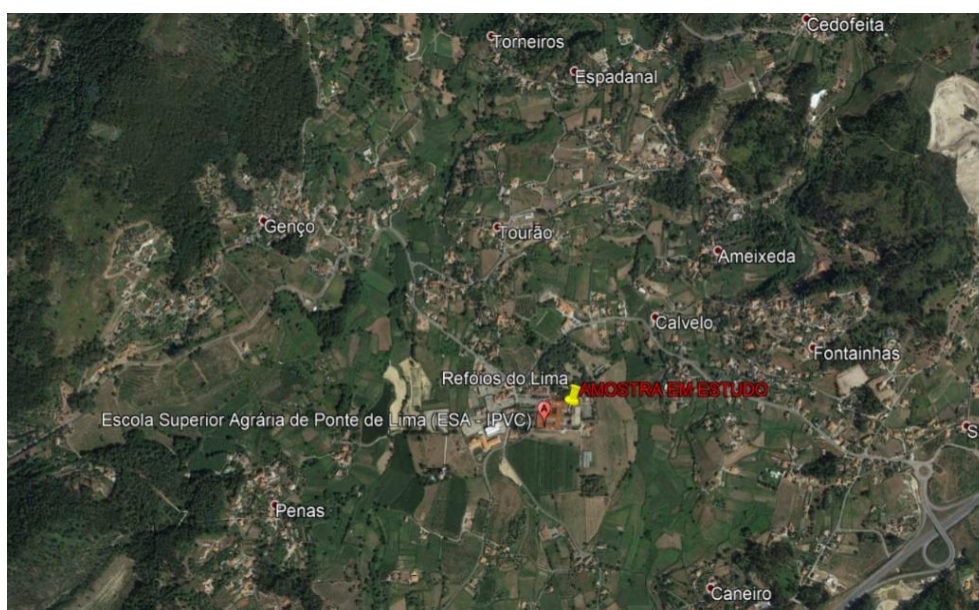


Figura 12 - Localização da Amostra em estudo (Vista - Google Earth).

O edifício em estudo possui uma área coberta de 10000 m² e uma grande variedade de estilos arquitetónicos, como o renascentista, neoclássico e rococó, refletindo desta forma o período temporal das suas intervenções que vão do século XII ao XVIII. Em 1986 o Arquiteto Fernando Távora executou um projeto de transformação do edifício conventual numa escola, sendo inaugurada no ano de 1992 e estando em funcionamento até aos dias de hoje.

3.3. Geologia do Local

De acordo com (Teixeira & Cândido, 1972): “Predominam, na folha de Viana do Castelo, as rochas graníticas e granodioríticas de diversas composições e características texturais. São, na maior parte, granitos alcalinos.”

A carta geológica de Portugal – Folha1, *cf* Figura 13, apresenta na zona de Refóios do Lima em larga maioria afloramentos graníticos, confrontando a oeste com afloramentos xistosos. [31]

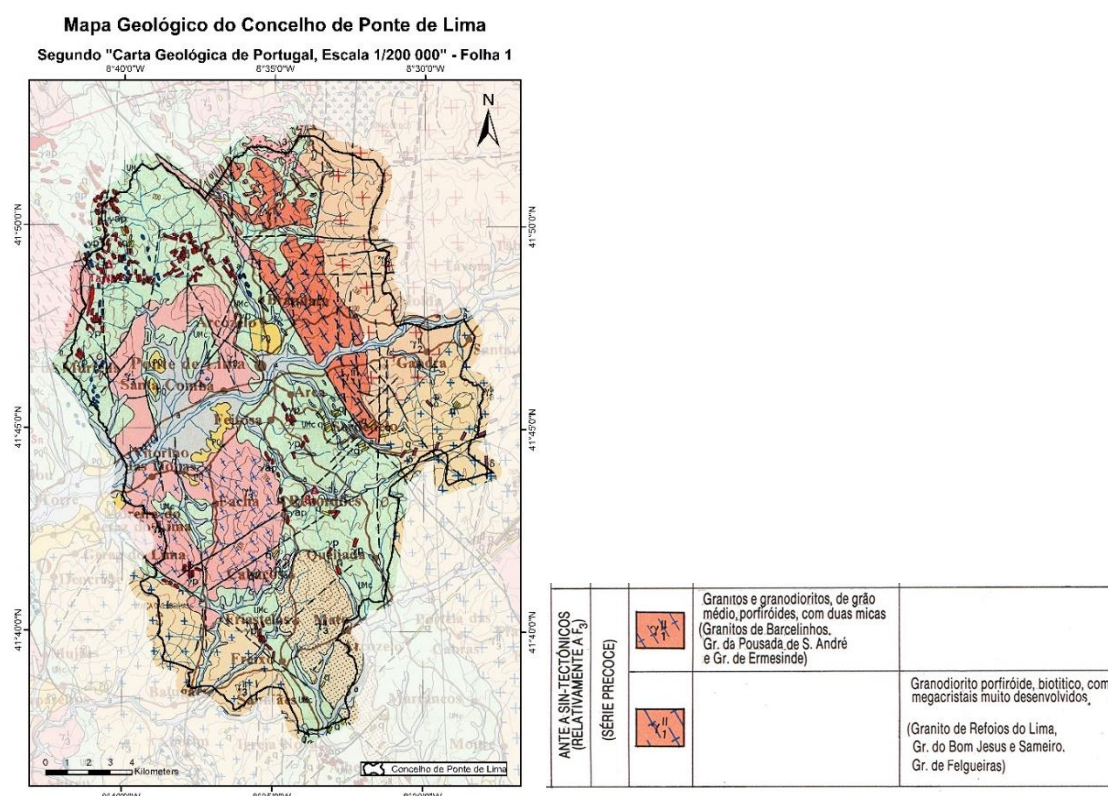


Figura 13 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha1. [31]

A carta Geológica de Ponte de Lima é correspondente à Folha 5A da Carta Geológica Nacional, datada em 1970, onde apresenta na zona em estudo uma distinta série de rochas eruptivas graníticas, sendo a rocha predominante o granito calco-alcalino porfiroide de grão grosseiro ou médio a grosseiro, tal como a figura abaixo identifica, *cf* Figura 14.

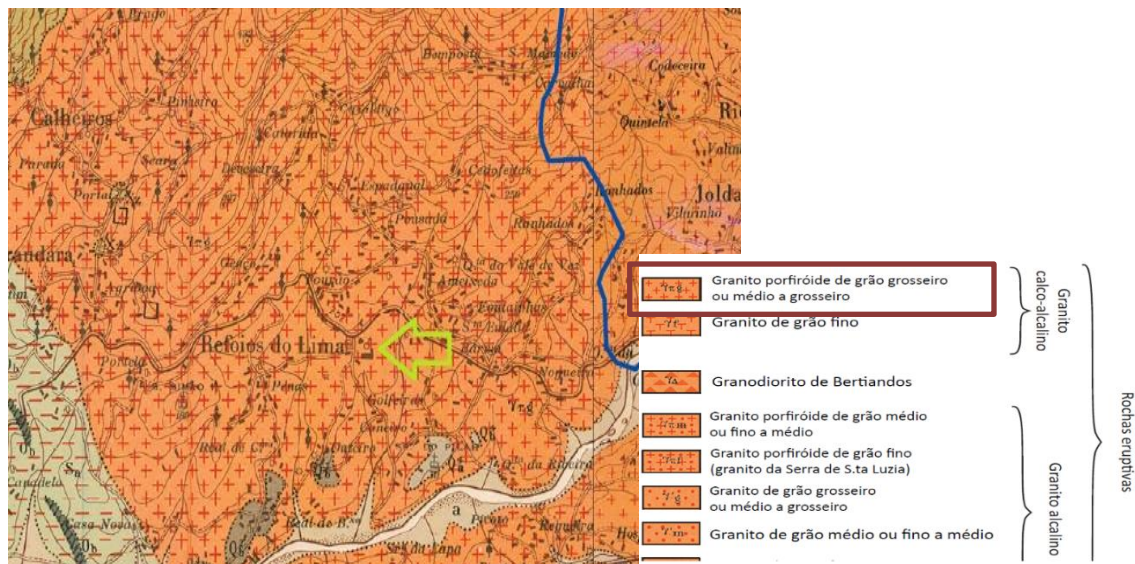


Figura 14 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5A, Refóios do Lima. [29]

Através da análise da Folha 5A é possível verificar que edifício instrumentado se encontra localizado sob solo granítico calco-alcalino porfíroide de grão grosseiro ou médio a grosseiro, cf. Figura 14. [29] [30]

3.4. Organização do trabalho experimental

A monitorização realizada no edifício da ESA foi elaborada em duas fases distintas, sendo monitorizadas durante a 1ª fase de instrumentação, 10 compartimentos, e durante a 2ª fase apenas 7 compartimentos. A escolha dos compartimentos monitorizados durante a 2ª fase foi realizada através da análise dos valores das concentrações de gás Radão encontrados na 1ª fase de instrumentação.

Cada amostra monitorizada foi associada a um compartimento e traduzida pelas letras compreendidas entre A e Q, como forma de designação simplificada. Para cada compartimento foram monitorizados 3 parâmetros (R_n , CO_2 e CO). As Amostras K a O foram divididas em subamostras, na 2ª fase de medição. As tabelas 1 e 2 sintetizam a forma como foi organizado o estudo experimental desenvolvido.

Tabela 1 - Amostras 1ª Fase.

Implantação dos equipamentos de medição na 1.ª Fase

Amostra	Parâmetro	Edifício	Sala	Descrição	Piso
A	Rn	ESA	Gabinete Técnico	Interior	0
B	Rn	ESA	Sala de Estudo	Junto à porta de entrada	0
	CO ₂	ESA	Sala de Estudo	Junto à porta de entrada	
	CO	ESA	Sala de Estudo	Junto à porta de entrada	
C	Rn	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	subpiso 0/1
	CO ₂	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	
	CO	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	
D	Rn	ESA	Sala de Reuniões	Junto à janela	1
E	Rn	ESA	Biblioteca	Junto à janela	3
F	Rn	ESA	Sala SIG	Junto à janela	3
	CO ₂	ESA	Sala SIG	Interior	
	CO	ESA	Sala SIG	Interior	
G	Rn	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	2
	CO ₂	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	
	CO	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	
H	Rn	ESA	Gabinete 309	Junto à janela	2
I	Rn	ESA	Sala 1	junto à janela	3
J	Rn	ESA	Sala 7	junto à janela	3
	CO ₂	ESA	Sala 7	junto à janela	
	CO	ESA	Sala 7	junto à janela	

Tabela 2 - Amostras 2ª Fase.

Implantação dos equipamentos de medição na 2.ª Fase

Amostra	Subamostra	Parâmetro	Edifício	Sala	Descrição	Piso
K	K1	Rn	ESA	Gabinete Técnico	Interior	0
	K2	Rn	ESA	Gabinete Técnico	Interior (junto a janela)	
		CO ₂	ESA	Gabinete Técnico	Interior	
		CO	ESA	Gabinete Técnico	Interior	
L	L1	Rn	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	subpiso 0/1
	L2	Rn	ESA	Secretaria	Interior Armário junto ao cofre	
		CO ₂	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	
		CO	ESA	Secretaria	Armário junto à janela	
M	M1	Rn	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	2
	M2	Rn	ESA	Gabinete 305	Interior junto à porta	
		CO ₂	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	
		CO	ESA	Gabinete 305	Junto à janela	
N	N1	Rn	ESA	Sala SIG	Junto à janela	3
	N2	Rn	ESA	Sala SIG	Interior junto ao quadro	

		CO ₂	ESA	Sala SIG	Interior junto ao quadro	
		CO	ESA	Sala SIG	Interior junto ao quadro	
O	O1	Rn	ESA	Sala1	Junto à janela	3
	O2	Rn	ESA	Sala1	Interior junto à parede	
		CO ₂	ESA	Sala1	Interior junto à parede	
		CO	ESA	Sala1	Interior junto à parede	
P		Rn	ESA	Gabinete 306	Junto à janela	2
		CO ₂	ESA	Gabinete 306	Junto à janela	
		CO	ESA	Gabinete 306	Junto à janela	
Q		Rn	ESA	Gabinete 307	Junto à janela	2

Em cada compartimento instrumentado durante a 1ª fase foi colocada apenas uma sonda de monitorização de gás Radão e parâmetros higrotérmicos. No local em que se verificou haver maior ocupação foi colocada uma sonda para a medição dos parâmetros higrotérmicos, dióxido e monóxido de carbono.

Durante a 2ª fase da monitorização foram colocadas duas sondas por compartimento para a monitorização do gás Radão, sendo estas colocadas em pontos opostos. Para a instrumentação dos parâmetros higrotérmicos, dióxido e monóxido de carbono a implantação realizou-se através de uma sonda específica para caracterização dos referidos parâmetros.

Os compartimentos instrumentados foram selecionados para o efeito por constituírem espaços com ocupação humana em períodos temporais alargados. A medição incidiu em compartimentos constituídos por elementos compostos por alvenaria de granito, localizados em pisos distintos de modo a permitir analisar o desempenho de compartimentos com características construtivas, de ocupação e de aquecimento/ventilação diferenciados tendo em comum entre os mesmos a construção granítica associada.

O registo de ventilação foi efetuado junto dos utilizadores dos compartimentos, mediante o preenchimento de um inquérito apresentado em anexo, onde se efetua o registo de ocupação do espaço ao longo do tempo.

Foi dada particular importância à ventilação, dado constituir um dos principais fatores no estudo da variação da concentração de gás Radão. [3]

Para cada Amostra instrumentada foi efetuado um registo detalhado das características dos locais instrumentados através do preenchimento de fichas de monitorização por cada compartimento, que se encontram em anexo, Anexos II-XVIII.

3.5. Descrição dos Ensaio Experimentais

A radioatividade do gás Radão provém da transformação natural de isótopos instáveis com a emissão de radiação alfa (α), que devido à sua elevada massa, interagem facilmente com a matéria, podendo deslocar eletrões das suas órbitas atómicas, transformando átomos sem carga eléctrica em iões.

A exposição dos seres vivos às radiações ionizantes provoca quebras nas cadeias de ADN.

Observando-se este facto, as sondas frequentemente utilizadas para a detecção de concentrações de gás Radão são denominadas por detetores de traços, também chamadas de SSNTD'S (*Solide State Nuclear Track Detectors*).

No que refere aos métodos de medida de concentrações de gás Radão, os procedimentos de monitorização são divididos em dois processos distintos, detecção ativa e detecção passiva.

- A **Detecção Ativa** consiste fundamentalmente em medições instantâneas da concentração de gás Radão em curtos intervalos de tempo (1 hora/1 ano);
- A **Detecção Passiva** consiste na medição da concentração de Radão durante um certo período de tempo (1 dia/1 ano). Neste tipo de detecção o gás é detetado pelo aparelho através da absorção dos impactos das radiações α (traços) registadas pelo monitor. O número de traços é contado por unidade de área do detetor e obtém-se como resultado um valor que se relaciona diretamente com a exposição acumulada. Tal como anteriormente mencionado, os *Solide State Nuclear Track Detectors*, são os detetores utilizados com maior frequência para a realização deste tipo de monitorização.

Através da Tabela 3 é possível verificar algumas tipologias de detetores bem como o método de detecção de cada um.

Tabela 3 - Características das diferentes tipologias de detetores.

Tipologia do Detetor	Passivo/Ativo	Incerteza (%) ⁽¹⁾	Período típico de Amostragem	Valor
Detetor de traços de partículas alfa	Passivo	10-25	1-12 meses	Baixo
Detetor de carvão ativado	Passivo	10-30	2-7 dias	Baixo
Câmara de ionização de eletreto	Passivo	8-15	5 dias - 1 ano	Médio
Detetor de integração eletrônica	Ativo	~ 25	2 dias - ano(s)	Médio
Monitor contínuo de Radão	Ativo	~ 10	1 hora - ano(s)	Alto

(1) – O valor percentual de incerteza varia por aparelho, podendo oscilar também com o valor das concentrações monitorizadas.

Com a crescente necessidade de controlar o processo de medição da qualidade do ar interior, foi elaborada uma nota técnica, a NT-SCE-02 [26], associada ao RSECE (já revogado), a qual auxiliava a execução de auditorias por peritos qualificados. Esta nota técnica serviu de base para a definição do método de amostragem, através da definição de zonas de medição no edifício, do número de pontos de amostragem por zona, a escolha dos compartimentos a serem objeto de monitorização e quais os critérios considerados para a monitorização. De forma a obter resultados com menor margem de erro associado foram utilizados equipamentos de deteção passivos. Equipamentos estes pertencentes à *Canary Pro Series* [27], com certificado de calibração efetuado a 9 de março de 2016.

Este equipamento apresenta uma margem de erro por parâmetro medido que varia com o número de dias de medição, bem como com a quantificação das concentrações, cf. Tabela 4.



Figura 15 - Sensor (Canary Pro Series). [40]

A sonda utilizada é da marca *Canary Pro*, a qual corresponde a um detetor em tempo real com monitor digital, cf. Figura 15, concebido para ambientes

internos, com possibilidade de extração de dados para o computador, através do auxílio do software *Canary Report & Analyze* (CRA), permitindo a análise e visualização dos resultados da medição.

Este equipamento deteta radiações alfa e entre outros parâmetros, regista a concentração do gás Radão, a humidade relativa, temperatura ambiente e pressão do ar interior, tomados como relevantes na análise dos resultados da presente dissertação.

Através da ficha técnica da sonda *Canary Pro* [27], é possível observar entre outros fatores a incerteza e a precisão das medições associadas ao dispositivo, cf. Tabela 4.

Tabela 4 - Incerteza de medição Radão e Parâmetros higrotérmicos, detetores Canary Pro Series. [27]

Canary Pro Series	
Incerteza das medições na concentração de Radão	
7 dias	<12% entre valores de 50–350 Bq/m ³ <8% valores superiores a 350 Bq/m ³
1 dia	<9% entre valores de 90 - 220 Bq/m ³ <6% valores superiores a 220 Bq/m ³
Precisão na medição de temperatura	
+/- 0.5°C (Típico)	
+/-1 °C (Máximo)	
Precisão na medição de humidade relativa	
+/- 4.5 % (no alcance 20-80 %RH)	

A Qualidade do Ar Interior (QAI) nos edifícios está intimamente dependente da ventilação. As concentrações de dióxido de carbono no interior dos edifícios, devidas essencialmente à contaminação exterior e à atividade humana no interior do edifício, são um reconhecido indicador do desempenho dos sistemas de ventilação. Assim, elevadas concentrações deste composto podem ser indicadoras de uma deficiente ventilação dos espaços interiores, e estão frequentemente associadas a concentrações igualmente elevadas de outros poluentes. [26]

Em consequência do descrito, foi utilizada nas monitorizações de dióxido de carbono, monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior a sonda *VelociCalc 9565-P com Probe 982*, cf Figura16. [28]



Figura 16 - Sonda (VelociCalc 9565-P com Probe 982). [41]

Este equipamento apresenta uma margem de erro por parâmetro que varia com a temperatura, cf. Tabela 5.

Tabela 5 - Incerteza de medição CO₂, CO e Parâmetros higrotérmicos, detetores. [28]

982 IAQ Probes Model CO, CO₂, Temperatura e Humidade		
Amplitude de Medição		
Monóxido de carbono	(0-500 ppm)	
Dióxido de carbono	(0-5000 ppm)	
Humidade relativa	(5-95%)	
Temperatura	(-10;60°C)	
Precisão na medição		
Monóxido de carbono	±3% ou ±3 ppm	1)
Dióxido de carbono	±3% ou ±50 ppm	
Humidade relativa	±3%	2)
Temperatura	±0,6°C	3)
1) Caso seja maior do que 25°C, acrescentar uma incerteza de 0,36%/°C		
2) Caso seja maior do que 25°C, acrescentar uma incerteza de 0,2%/°C		
3) Caso seja maior do que 25°C, acrescentar uma incerteza de 0,03°C/°C		

3.6. Caraterização das Amostras

Nos subcapítulos 3.6.1. a 3.6.3. será apresentada uma caraterização arquitetónica e construtiva dos espaços instrumentados, designadamente os materiais de construção aplicados, com realce para as alvenarias, as caixilharias, os pavimentos, tetos, entre outros. Complementarmente às soluções construtivas serão detalhados os sistemas de climatização e de ventilação.

Será apresentado um registo fotográfico interior de cada espaço monitorizado a par das plantas com a localização dos locais de implantação de

sondas de medição. De referir que as plantas de localização das sondas se encontram fora de escala.

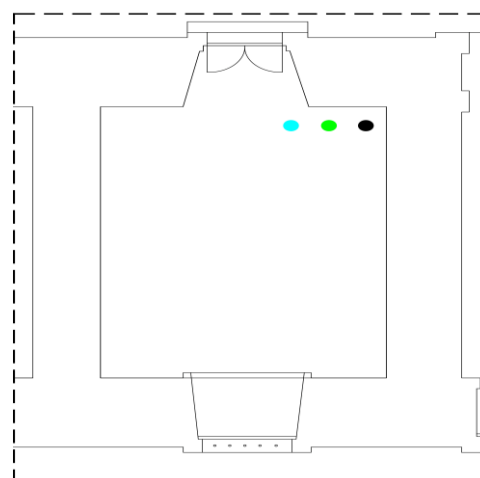
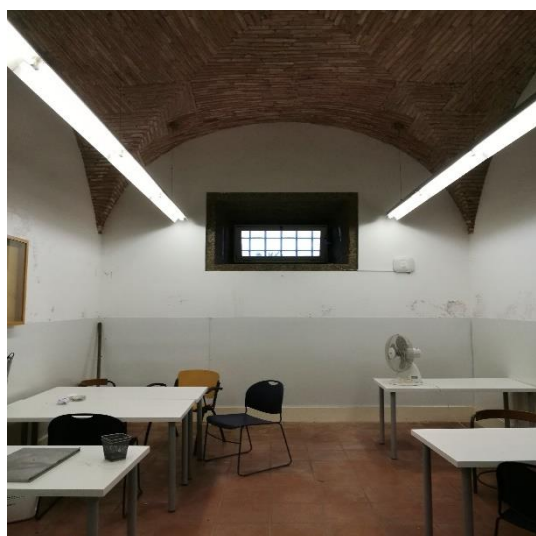
3.6.1. Área destinada aos Estudantes

a. Sala de Estudo (Amostra B)

A Amostra B é referente à sala de estudo, *cf.* Figura 17, localizada no piso 0 do edifício monitorizado. A utilização do espaço dá-se unicamente pelos estudantes para o seu estudo diário e para a realização de trabalhos de grupo.

Durante a 1ª fase de medições foram colocadas na sala de estudo duas sondas (Canary Pro Series e VelociCalc 9565), uma que monitorizou a concentração de gás Radão e outra que monitorização as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior.

As medições da sala realizaram-se entre o dia 29 de abril e o dia 06 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 17 - Sala de estudo (Piso 0).

Relativamente ao espaço, este é composto por paredes exteriores e interiores de alvenaria de granito com espessura de aproximadamente 1 m e o teto em formato de abóbada constituído por tijolo de burro, tal como representado através da Figura 17. O pavimento da sala é revestido a mosaico cerâmico e as

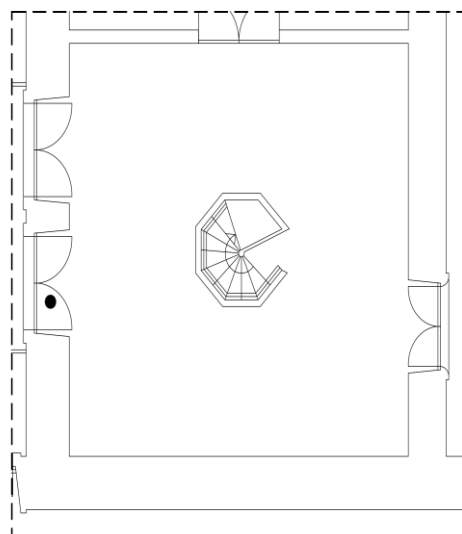
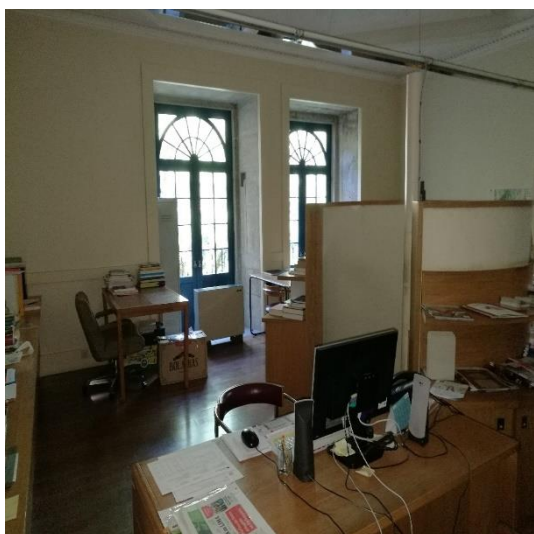
paredes são revestidas a argamassa de cimento com acabamento a pintura. À data da monitorização e tal como identificado pelas imagens, as paredes encontravam-se amplamente impregnadas por eflorescências salinas e o ar respirado demonstrava um teor de humidade elevado.

De referir que a ventilação (Anexo III) é assegurada através da abertura da janela e porta, sendo impulsionada por um pequeno aparelho de ventilação existente, encontrando-se à data das medições a janela aberta. De referir que os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples, sendo a janela basculante, e a porta de batente composta por 2 folhas. Importante salientar a inexistência de qualquer sistema de climatização, quer fixo ou móvel. Tal como se observa na planta de arquitetura, *cf.* Figura17, as sondas instaladas foram colocadas junto à porta de entrada, revestida a granito, tanto na soleira, como na padieira e ombreira da mesma.

b. Biblioteca (Amostra E)

A Amostra E é relativa à biblioteca, *cf.* Figura18, localizada no piso 3 do edifício da Escola Superior Agrária. Durante a 1ª fase de medições foi instalada no compartimento uma sonda (Canary Pro Series) para a monitorização da concentração de gás Radão e parâmetros higrotérmicos.

As medições da biblioteca realizaram-se entre os dias 13 e 20 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn

Figura 18 - Biblioteca (Piso 3).

No que se refere à construção do compartimento, este é composto estruturalmente por paredes em alvenaria de granito (exteriores e interiores) de elevada espessura, sendo revestidas internamente a argamassa de cimento com acabamento a pintura, havendo apenas uma divisão composta por tijolo cerâmico e revestida de igual forma.

Quanto ao pavimento é composto por soalho de madeira e o teto é todo ele ornamentado com elementos de estuque tradicional. As portas exteriores são compostas por caixilharia de madeira e vidro simples, sendo a interior apenas por madeira, ambas altamente permeáveis ao ar facilitando a ventilação do espaço.

Relativamente à geometria do compartimento, este possui uma área de 41.89 m², pé-direito de 4,00 m e volume de 167.56m³.

De referir que a área denominada por “biblioteca” corresponde, em termos de medição, ao espaço adjacente a este. Este espaço é efetivamente utilizado pelos funcionários que trabalham no local. A escolha do espaço adjacente deveu-se unicamente por questões de segurança dos aparelhos (sondas).

Tal como observado o sistema de ventilação utilizado é assegurado pela abertura de vãos exteriores, impulsionado pela abertura de portas interiores que facilitem a condução do ar e posterior renovação do mesmo.

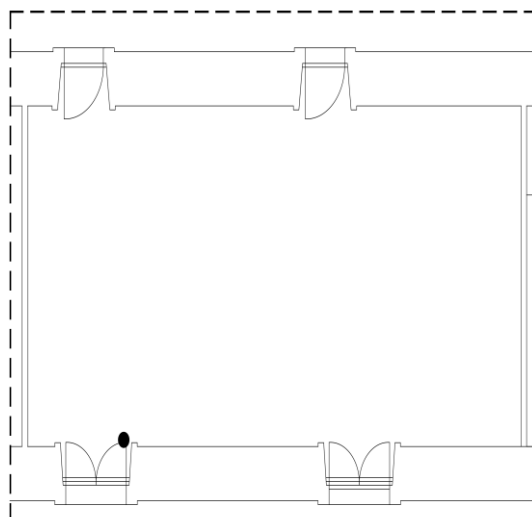
Quanto à implantação da sonda, tal como a planta de implantação revela, cf. Figura18, esta foi colocada afastada 1 m da portada que se encontra orientada a Oeste relativamente à orientação da sala e ao edifício em estudo.

c. Sala 1 (Amostra I e Amostra O)

Amostra I

A Amostra I refere-se à sala 1, cf. Figura19, localizada no 3º Piso da Escola Superior Agrária. Durante a 1ª fase de monitorização foi colocada uma sonda (*Canary Pro Series*) para a monitorização de concentração de gás Radão, temperatura e humidade relativa do ar interior.

A monitorização da sala decorreu entre os dias 27 de maio e 3 de junho de 2017.



Legenda: ■ Rn

Figura 19 - Sala 1 (Piso 3).

A sala 1, *cf.* Figura19, possui uma área de 41.75 m^2 , um pé-direito de 3.50 m e um volume de 146.13 m^3 . Tal como o restante edifício a sala é composta por paredes interiores e exteriores em alvenaria de granito com uma espessura de aproximadamente 0,70 m, havendo duas paredes divisórias (interiores) compostas por tijolo cerâmico e recobertas a argamassa de cimento com acabamento a pintura.

Quanto à laje de pavimento é constituída por betão, aligeirado com argamassa de argila expandida e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira. O teto da sala é estucado a cal contendo uma claraboia ao longo de todo o seu desenvolvimento. Os vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples, contendo portadas em madeira bastante permeáveis ao ar.

Na sala monitorizada é visível, o elemento granito nas portas e janelas através das soleiras, padieiras e ombreiras, sendo em regra uma prática construtiva que tem sido observada por todo o edifício.

A ventilação da sala de aula (Anexo X) é realizada manualmente pelos utilizadores, através da abertura das janelas e porta.

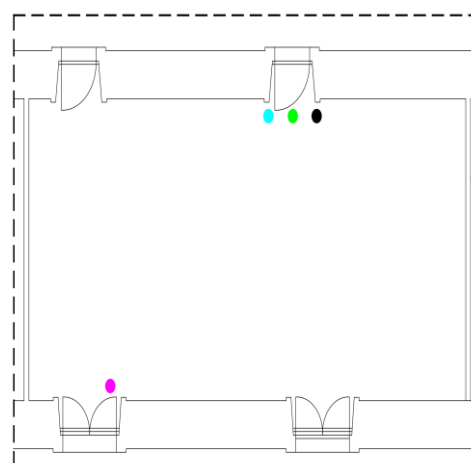
O sistema de aquecimento é centralizado, destacando-se a existência de dois radiadores. Relativamente à implantação das sondas na sala em estudo, a colocação realizou-se afastada 1 m do vão envidraçado.

Amostra O – Subamostras O1 e O2

A Amostra O é relativa à sala 1, *cf.* Figura 20, instrumentada durante a 2ª fase de monitorização e envolveu a colocação de 3 sondas. Para o efeito da descrição das duas subamostras O1 e O2, em ambas foram monitorizadas as concentrações de gás Radão através de duas sondas distintas (*Canary Pro Series*) a par da monitorização da concentração de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior, recorrendo a uma terceira sonda (*VelociCalc 9565*).

No que refere à colocação dos aparelhos, a sonda referente à subamostra O2 foi implantada junto à parede que confronta com o corredor do 3º Piso, sendo o local escolhido também para a colocação da sonda que monitorizou os parâmetros higrotérmicos, dióxido e monóxido de carbono. No que refere à sonda relativa à subamostra O1, esta foi colocada na parte interior da sala junto à janela e parede que confronta com a parte exterior do edifício.

As medições da sala realizaram-se entre o dia 01 de julho e o dia 08 de julho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

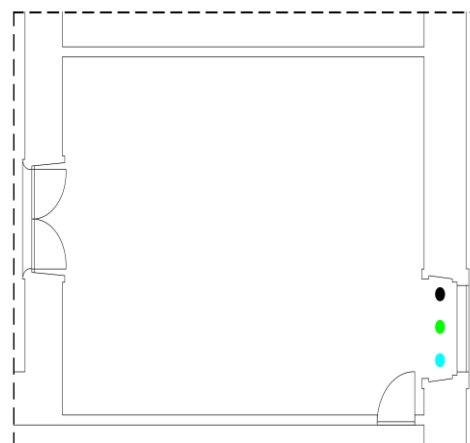
Figura 20 - Sala 1 (Implantação de Sondas).

d. Sala 7 (Amostra J)

A Amostra J é referente à sala 7, cf. Figura 21, localizada no piso 3 do edifício principal da Escola Superior Agrária.

Durante a 1ª fase de monitorização foram colocadas na sala de aula 2 sondas (*Canary Pro Series* e *VelociCalc 9565*), uma que monitorizou a concentração de gás Radão e a outra que monitorizou as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior.

As medições da sala realizaram-se entre o dia 27 de maio e 3 de junho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 21 - Sala 7 (Piso 3).

A sala 7, cf. Figura 21, possui uma área de 43.70 m², um pé direito de 3.60m e um volume de 157.32m³.

As paredes (exteriores e interiores) são compostas por alvenaria de granito, com espessura média de 0,80 m. As paredes divisórias interiores são compostas por tijolo cerâmico, sendo revestidas a argamassa de cimento com acabamento a pintura. A laje de pavimento é constituída por betão aligeirado com argamassa de argila expandida e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira. Os vãos envidraçados são do tipo guilhotina, constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples, sendo bastante permeáveis ao ar.

A ventilação efetuada na sala de aula é assegurada através da abertura dos vãos existentes. (Anexo XI)

Tal como observado através da planta de implantação, *cf.* Figura 21, as sondas foram implantadas junto à janela. Verifica-se através da arquitetura da sala a existência de bastantes elementos em granito à vista, sendo observados através das soleiras, ombreiras e padieiras junto aos vãos interiores e exteriores.

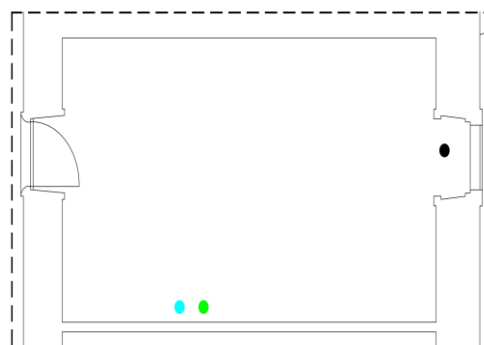
3.6.2. Área destinada aos Docentes

e. Sala SIG (Amostra F e Amostra N)

Amostra F

A Amostra F é referente à sala SIG, *cf.* Figura 22, localizada no piso 3 do edifício em estudo. Durante a 1ª fase de medições foram colocadas no compartimento duas sondas tendo sido monitorizada a concentração de gás Radão através de uma sonda *Canary Pro Series* e os restantes parâmetros monitorizados, dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior foram instrumentados através de uma sonda *VelociCalc 9565*.

A monitorização do compartimento em estudo realizou-se entre o dia 13 de junho e o dia 20 de junho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 22 - Sala SIG (Piso 3).

A sala em estudo possui uma área de 35.45 m², pé-direito de 3.50 m e volume de 124.10m³.

As paredes estruturais (interiores e exteriores) são constituídas por alvenaria de granito de elevada espessura, sendo rebocadas pela parte interior a argamassa de cimento com acabamento a tinta. As paredes divisórias interiores são compostas por tijolo cerâmico e revestidas de igual forma.

Relativamente aos vãos existentes, o compartimento possui 1 vão envidraçado do tipo guilhotina, constituído por caixilharia de madeira e vidro simples, existindo também uma porta interior composta por madeira, sendo ambos bastante permeáveis ao ar. A laje de pavimento é composta por betão, aligeirado com argamassa de argila expandida e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira ripado. O teto do compartimento é revestido na sua totalidade a cal.

As sondas foram colocadas nos locais identificados através da planta de implantação, *cf.* Figura 22, sendo a sonda *VelociCalc 9565-P* colocada na parte interior da sala e a sonda *Canary Pro Series* afastada 1 m do vão envidraçado existente.

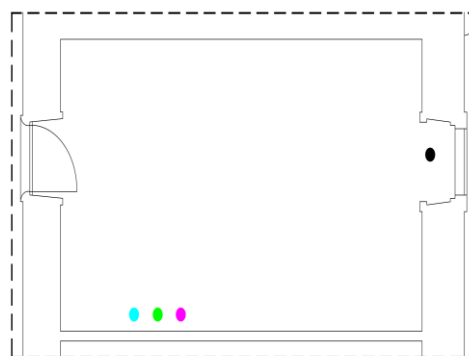
O compartimento em estudo possui 2 tipos de sistemas de aquecimento (fixo e móvel) verificando-se a existência de 2 radiadores do sistema de aquecimento central e 1 radiador a óleo. A ventilação do compartimento é assegurada pela abertura dos vãos existentes através dos utilizadores do compartimento.

Amostra N – Subamostras N1 e N2

A Amostra N é relativa à sala SIG, *cf.* Figura 23, monitorizada durante a 2ª fase de monitorização e envolveu a colocação de duas sondas *Canary Pro Series*, para o efeito de medição das duas subamostras N1 e N2. A par das concentrações de gás Radão monitorizadas, foram também monitorizadas as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior, recorrendo à sonda *VelociCalc 9565*. Tal como se observa através da planta de implantação, *cf.* Figura 23, a sonda referente à subamostra N1 foi implantada a 1 m da janela e a sonda relativa à subamostra

N2 a 0.5 m do quadro, tendo sido colocada paralelamente à sonda referente à subamostra N2 uma sonda VelociCalc 9565.

A monitorização do compartimento em estudo realizou-se entre o dia 24 de junho e 1 de julho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 23 - Sala SIG (Implantação de Sondas).

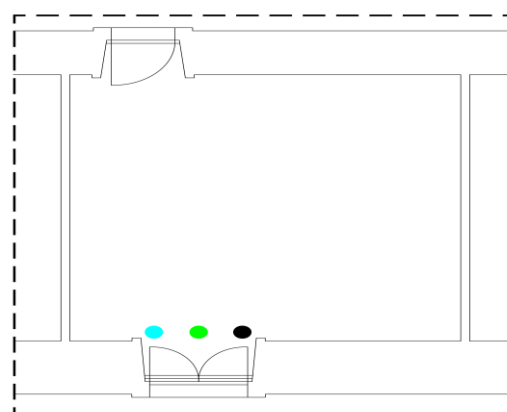
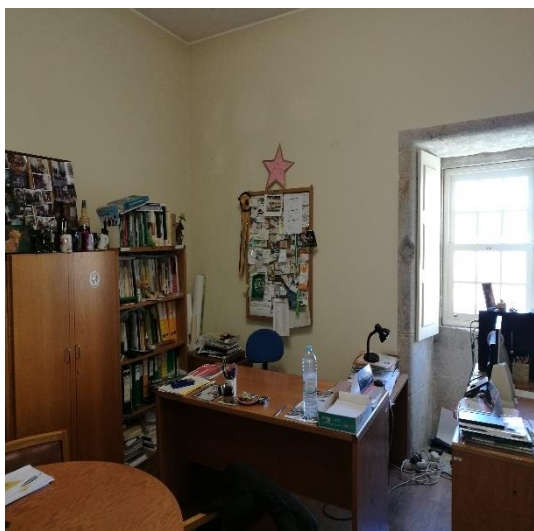
f. Gabinete 305 (Amostra G e Amostra M)

Amostra G

A Amostra G é referente ao gabinete 305, *cf.* Figura 24, localizado no piso 2 do edifício principal da Escola Superior Agrária. A utilização do espaço dá-se unicamente por docentes.

Durante a 1ª fase de medições foram colocadas na sala de estudo duas sondas (Canary Pro Series e VelociCalc 9565), uma que monitorizou a concentração de gás Radão e outra que monitorização as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior.

As medições do compartimento em estudo realizaram-se entre o dia 20 e o dia 27 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 24 - Gabinete 305 (Piso 2).

Relativamente ao espaço, o gabinete 305 possui uma área de 19.98 m², pé-direito de 3.40m e um volume de 67.93m³. As paredes estruturais (exteriores e interiores) são compostas por alvenaria de granito com espessura média de 0,80 m e as paredes divisórias (interiores) são compostas por tijolo cerâmico revestido a argamassa de cimento com acabamento a pintura. A laje de pavimento é composta por betão, aligeirado com argamassa de argila expandida e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira. Os vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina sendo compostos por caixilharia de madeira e vidro simples.

O local em estudo possui sistema de aquecimento centralizado, destacando-se a existência de 1 radiador. A ventilação do compartimento é assegurada através da abertura dos vãos existentes. (Amostra VIII)

A instrumentação do compartimento foi realizada tal como revelado através da planta de instrumentação, cf. Figura 24, junto à janela localizada na fachada orientada a sul.

Amostra M

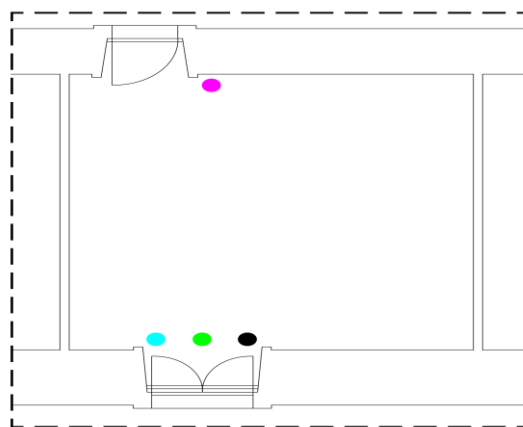
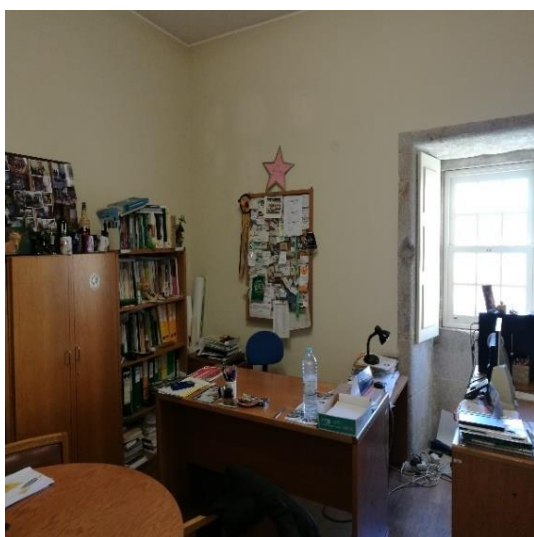
A Amostra M é referente ao gabinete 305, cf. Figura 25, monitorizado durante a 2ª fase de instrumentação e envolveu a colocação de duas sondas

Canary Pro Series. Para o efeito da descrição das duas subamostras M1 e M2, em ambas foram monitorizadas as concentrações de gás Radão, a par das concentrações de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior, recorrendo a uma terceira sonda (*VelociCalc 9565*).

A monitorização do gabinete realizou-se entre o dia 17 de junho e o dia 24 de junho de 2017.

Relativamente à colocação dos equipamentos de medição, a sonda referente à subamostra M1 foi implantada a 1 m da parede que confronta com a parte exterior do edifício, sendo o local também escolhido para a colocação da sonda que monitorizou as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior. A sonda referente à subamostra M2, foi colocada na parte interior do gabinete junto à parede que confronta com o corredor.

A ventilação do compartimento, tal como durante a 1ª fase, foi assegurada através da abertura dos vãos existentes. (Anexo XIV)



Legenda: ■ Rn ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

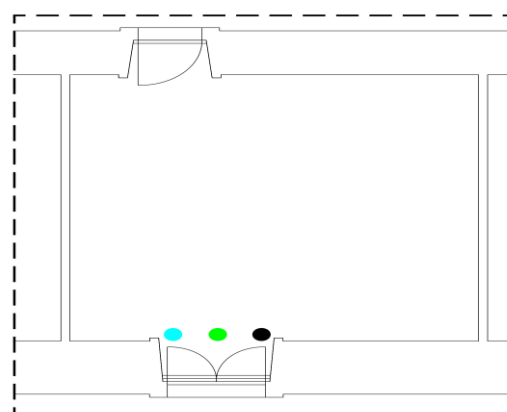
Figura 25 - Gabinete 305 (Implantação de Sondas).

g. Gabinete 306 (Amostra P)

A Amostra P é referente ao Gabinete 306, *cf.* Figura 26, situado no piso 2 do edifício da Escola Superior Agrária. A utilização do espaço dá-se unicamente por docentes para a realização do seu trabalho diário.

Durante a 1ª fase de medições foram colocadas na sala de estudo duas sondas (Canary Pro Series e VelociCalc 9565), uma que monitorizou a concentração de gás Radão e outra que monitoriza as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior.

A monitorização do gabinete realizou-se entre o dia 8 julho e o dia 15 de julho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 26 - Gabinete 306 (Piso 2).

O gabinete 306, cf. Figura 26, tem uma área de 20.82 m², pé-direito de 3.40 m e um volume de 70.79 m³. As paredes estruturais (exteriores e interiores) são compostas por alvenaria de granito com espessura média de 0,80 m, recobertas a argamassada de cimento com acabamento a pintura, sendo as paredes divisórias (interiores) compostas por tijolo cerâmico, rebocadas a cimento com acabamento pintura. A laje de pavimento é constituída por betão aligeirado com argamassa de cimento, argila expandida e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira. O teto do gabinete é estucado a cal.

Os vãos envidraçados são do tipo guilhotina e compostos por caixilharia de madeira e vidro simples, sendo bastante permeáveis ao ar.

A ventilação do gabinete é assegurada através da abertura dos vãos existentes. O sistema de aquecimento é centralizado, destacando-se a

existência de 1 radiador no gabinete, tal como verificado através da Figura 26.

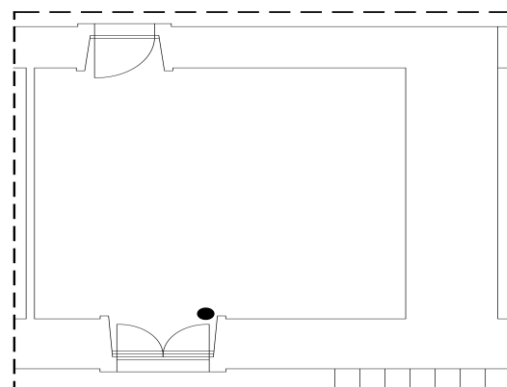
As sondas foram implantadas de acordo com planta de implantação, cf. Figura 26, a 1 m da janela.

h. Gabinete 307 (Amostra Q)

A Amostra Q é referente ao gabinete 307, cf. Figura 27, localizado no piso 2 do edifício monitorizado.

Durante a 2ª fase de medições foi colocada no gabinete 307 uma sonda (Canary Pro Series) que monitorizou a concentração de gás Radão, temperatura e humidade relativa do ar interior.

A medição do gabinete 307 realizaram-se entre o dia 8 de julho e o dia 15 de julho de 2017



Legenda: ■ Rn

Figura 27 - Gabinete 307 (Piso 2).

O gabinete possui uma área de 20.12 m², pé-direito de 3.30m e um volume de 66.40 m³.

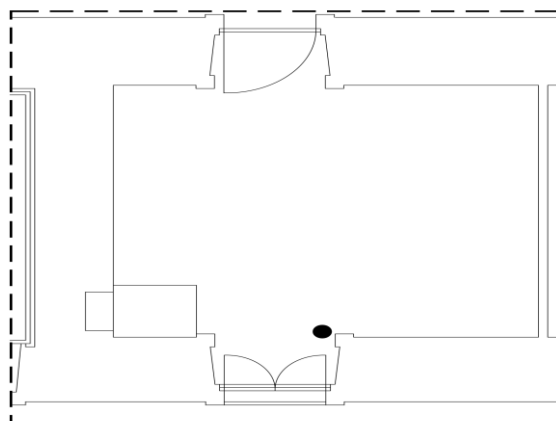
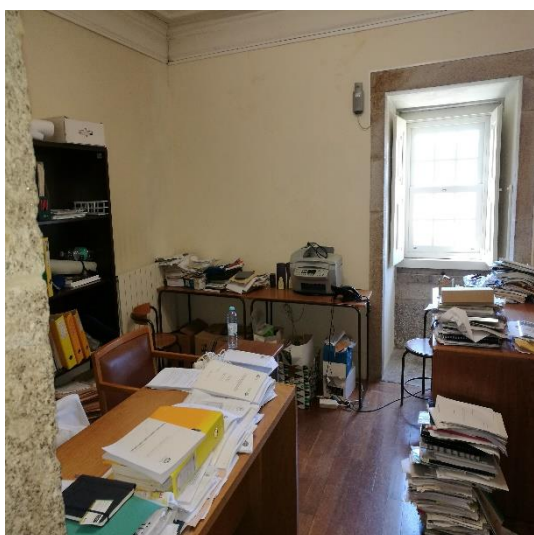
A paredes estruturais (exteriores e interiores) são compostas por alvenaria de granito com espessura média de 0,80m e a parede divisória interior

é composta por tijolo cerâmico revestido a argamassa de cimento com acabamento a pintura. Os vãos envidraçados são do tipo guilhotina, compostos por madeira e vidro simples, sendo bastante permeáveis ao ar.

A ventilação do compartimento é assegurada através da abertura dos vãos existentes e registada através da ficha de monitorização. (Anexo XVIII)

i. Gabinete 309 (Amostra H)

A Amostra H refere-se ao gabinete 309, *cf.* Figura 28, localizado no piso 2 da Escola Superior Agrária, instrumentado durante a 1ª fase de medições, tendo envolvido a colocação da uma sonda *Canary Pro Series* e monitorizando a concentração de gás Radão, humidade relativa e temperatura do ar interior.




Legenda:  Rn

Figura 28 - Gabinete 309 (Piso 2).

A monitorização do compartimento realizou-se entre o dia 20 de maio e 27 de maio de 2017.

O compartimento em estudo possui uma área de 19.85 m², pé direito de 2.85 m e um volume de 56.57 m³. A laje de pavimento do gabinete 309 é composta por betão aligeirado com argamassa de cimento, argila expandida e cortiça, sendo revestido a soalho de madeira. As paredes estruturais (exteriores e interiores) são constituídas por alvenaria de granito com espessura média de

0,80 m e revestidas a argamassa de cimento com acabamento a pintura. Os vãos envidraçados são compostos por caixilharia de madeira e vidro simples, sendo a laje de teto constituída por betão armado e revestida a ripado de madeira.

Relativamente à ventilação do local, unicamente é realizada através da abertura dos vãos existentes.

O gabinete 309, *cf* figura 28, contém na sua arquitetura bastantes elementos de granito à vista, verificando-se neste caso em soleiras, ombreiras e padieiras junto aos vãos existentes.

Tal como se observa através da planta de implantação, *cf*. Figura 28, a sonda instalada (*Canary Pro Series*) foi implantada a aproximadamente 1 m do vão envidraçado.

3.6.3. Área Geral

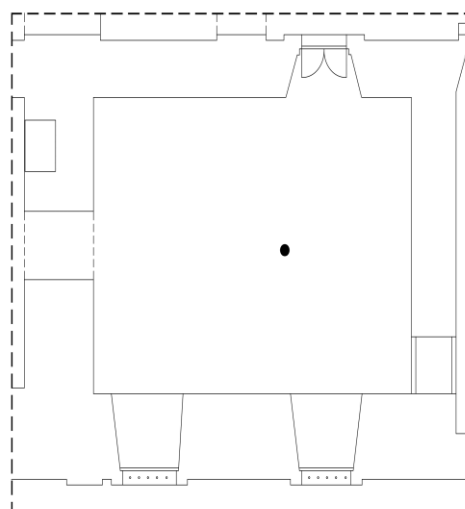
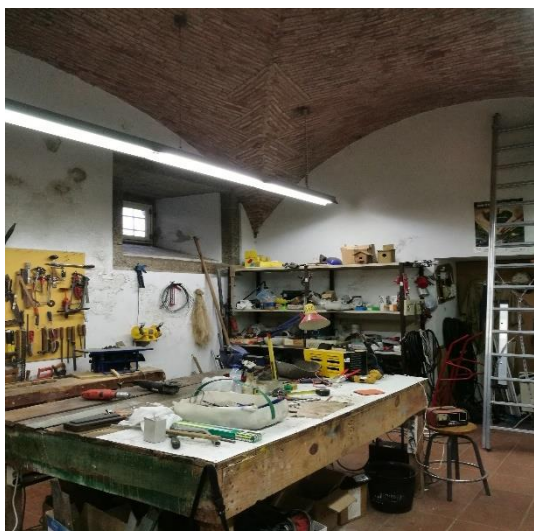
j. Gabinete técnico (Amostra A e Amostra K)

Amostra A

A Amostra A é referente ao gabinete técnico, *cf*. Figura 29, localizado no piso 0 do edifício da Escola Superior Agrária. A utilização do espaço dá-se unicamente pelo funcionário afeto à manutenção do edifício.

O gabinete técnico foi monitorizado através da colocação de uma sonda (*Canary Pro Series*) durante a 1ª fase de medições, medindo a concentração de gás Radão, humidade relativa e temperatura do ar interior.

As medições do gabinete técnico realizaram-se entre o dia 29 de abril e 6 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn

Figura 29 - Gabinete técnico (Piso 0).

Relativamente ao espaço, o compartimento possui uma área de 38 m², um pé-direito de 4.10 m e volume de 155.80 m³.

De um ponto de vista construtivo, as paredes estruturais (exteriores e interiores) são compostas em alvenaria de granito com espessura média de 1.50 m, sendo rebocadas a argamassa de cimento com acabamento pintura. A laje de pavimento é composta por betão e revestida a mosaico cerâmico. O teto do gabinete técnico é em formato de abóbada de arestas e composto por tijolo de face-à-vista. Os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples, existindo no compartimento duas janelas e uma porta de batente.

A ventilação do gabinete (Anexo II) é assegurada através da abertura dos vãos. Quanto a sistemas de aquecimento existentes no local, o compartimento possui um radiador a óleo, que o utilizador referiu ser utilizado pontualmente.

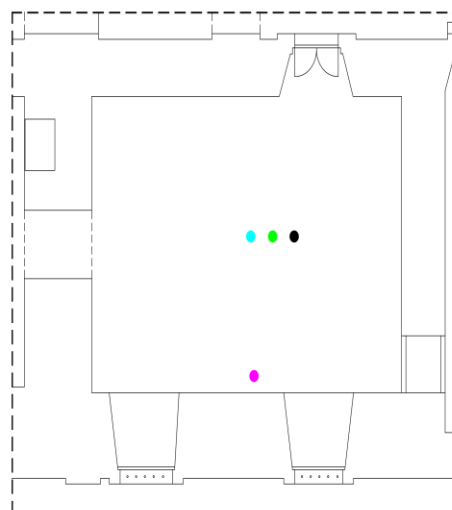
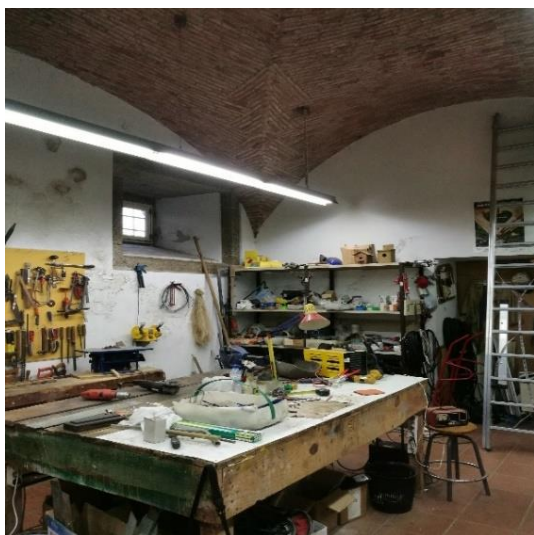
Amostra K

A Amostra K refere-se ao gabinete técnico, *cf.* Figura 30, monitorizado durante a 2ª fase de monitorização, e envolve a colocação de 3 sondas. Para o efeito de descrição das duas subamostras K1 e K2, em ambas foram monitorizadas as concentrações de gás Radão através de 2 sondas distintas

(*Canary Pro Series*), a par da monitorização da concentração de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior, recorrendo a uma terceira sonda (*VelociCalc 9565*).

Relativamente às localizações dos aparelhos, a sonda referente à subamostra K1 foi colocada centralmente no interior do gabinete técnico por cima da banca, sendo a sonda referente à subamostra K2 colocada a 1 m da parede que confronta com o exterior, local também escolhido para a colocação da sonda *VelociCalc 9565*.

As medições do compartimento realizaram-se entre o dia 3 de junho e o dia 10 de junho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 30 - Gabinete técnico (Implantação de Sondas).

k. Secretaria (Amostra C e Amostra L)

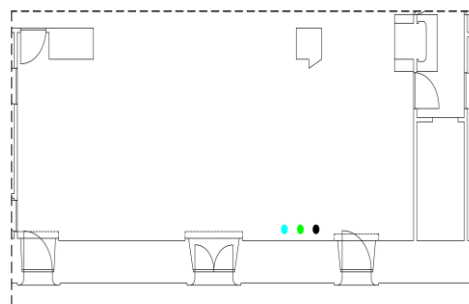
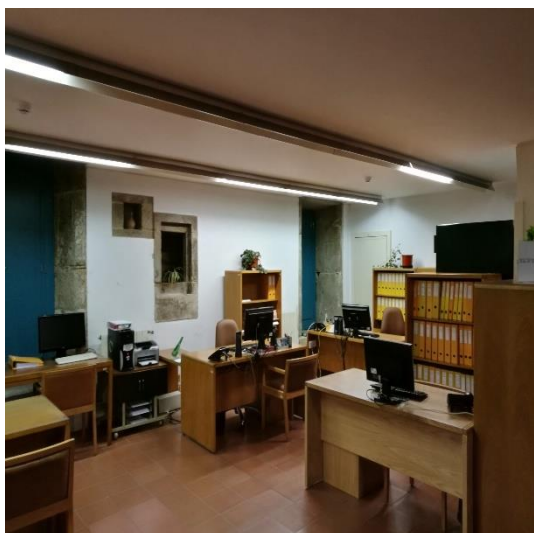
Amostra C

A Amostra C é referente à secretaria, *cf.* Figura 31, localizada no subpiso existente entre o piso 0 e o piso 1 do edifício da Escola Superior Agrária. O local instrumentado é frequentado pelos funcionários da instituição, alunos e docentes.

Durante a 1ª fase de medições foram colocadas na secretaria duas

sondas (Canary Pro Series e VelociCalc 9565), uma que monitorizou a concentração de gás Radão e outra que monitorização as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior.

As medições do compartimento realizaram-se durante entre o dia 6 de maio e o dia 13 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 31 - Secretaria – Piso 1 (subpiso).

No que refere à geometria do compartimento, este possuiu uma área de 50.86 m², pé-direito de 2.5 m e um volume de 127.15m³.

De um ponto de vista construtivo, as paredes estruturais existentes são compostas por alvenaria de granito de elevada espessura, sendo rebocadas a argamassa de cimento com acabamento a pintura. A laje de pavimento é composta por betão e revestida a mosaico cerâmico. O teto do compartimento em estudo é revestido a cal.

Relativamente aos vãos envidraçados, estes são compostos por caixilharia de madeira e vidro simples, existindo 3 portas de batente e 3 portadas, com elevada permeabilidade ao ar.

A secretaria contém na sua arquitetura bastantes elementos em pedra de granito à vista, sendo verificados através de soleiras, ombreiras e padieiras junto aos vãos que confrontam com o exterior.

As sondas foram implantadas a 1 m da parede interior orientada a sul, confrontando com o pátio exterior, tal como demonstrado através da planta de implantação, *cf.* Figura 31. A ventilação é assegurada através da abertura dos vãos existentes, ou de vãos adjacentes ao compartimento.

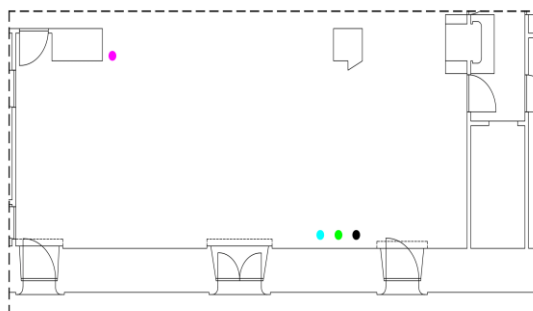
O compartimento em estudo possui 2 tipos de sistemas de aquecimento (fixo e móvel) verificando-se a existência de 1 sistema de aquecimento centralizado composto por 3 radiadores e 2 termoventiladores.

Amostra L

A Amostra L é referente à secretaria, *cf.* Figura 32, monitorizada durante a 2ª fase de monitorização e envolveu a colocação de duas sondas *Canary Pro Series*, para o efeito de medição de duas subamostras L1 e L2, monitorizando em ambas as concentrações de gás Radão. A par das concentrações de gás Radão monitorizadas, foram também monitorizados os parâmetros dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior tendo sido colocada uma terceira sonda, *VelociCalc 9565*.

No que respeita à colocação das sondas, a sonda referente à subamostra L1 foi implantada junto à parede que confronta com a zona exterior do edifício, sendo também o local escolhido para a colocação da sonda que monitorizou as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar interior. A sonda relativa à subamostra L2, foi colocada na zona interior da secretaria junto ao cofre.

A monitorização do compartimento realizou-se entre o dia 10 de junho e o dia 17 de junho de 2017.



Legenda: ■ Rn ■ Rn ■ CO₂ ■ CO

Figura 32 - Secretaria (Implantação de Sondas).

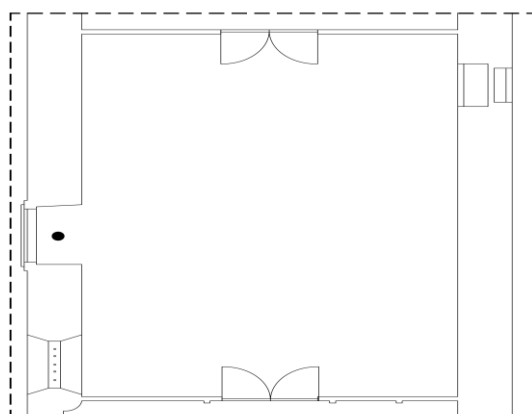
I. Sala de Reuniões

Amostra D

A Amostra D é referente à sala de reuniões, *cf.* Figura 33, localizada no piso 1 do edifício da Escola Superior Agrária. A utilização do espaço dá-se unicamente para a realização de reuniões de docentes e direção da escola.

Durante a 1ª fase de medições foi colocada na sala em estudo uma sonda (Canary Pro Series), que monitorizou a concentração de gás Radão, temperatura e humidade relativa do ar interior.

As medições da sala de reuniões realizaram-se entre o dia 6 de maio e o dia 13 de maio de 2017.



Legenda: ■ Rn

Figura 33 - Sala de Reuniões(Piso1).

A sala de reuniões possui uma área de 53.90 m², pé direito de 3.75 m e um volume de 202.13 m³. As lajes de pavimento e teto são compostas por betão armado, aligeirado com argamassa de cimento, argila expandida e cortiça, sendo respetivamente revestidas a lajedo de granito e estuque de cal, respetivamente. As paredes estruturais (interiores e exteriores) são compostas por alvenaria de granito e revestidas a argamassa de cimento com acabamento a pintura. O compartimento contém na sua arquitetura elementos de granito à vista, verificando-se neste caso em soleiras, ombreiras e padieiras junto aos vãos que confrontam com o exterior

No que refere aos vãos envidraçados existentes, estes são constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples, existindo 2 portas de batente e 3 janelas, encontrando-se duas voltadas a Oeste e uma voltada a Este (Claustros).

A ventilação do compartimento é efetuada através da abertura dos vãos existentes, embora à data da instrumentação tenha sido verificada a pouca utilização do espaço, através do odor característico de um local fechado.

O compartimento em estudo possui 2 tipos de sistemas de aquecimento (fixo e móvel) verificando-se a existência de 1 sistema de aquecimento centralizado composto por 3 radiadores e 2 termoventiladores.

Relativamente à implantação da sonda *Canary Pro Series*, a sua

colocação foi efetuada a 1m da janela orientada a oeste, tal como observado através da planta de implantação, cf. Figura 33.

3.7. Síntese do Capítulo

A metodologia do estudo experimental descrita no subcapítulo 3.1 permitiu que o trabalho realizado seguisse uma linha orientadora uniforme e sistemática. A metodologia descrita permitiu estabelecer uma ferramenta de medição experimental que poderá ser facilmente replicada por quem pretenda realizar um trabalho de monitorização e caracterização *in situ* idêntico.

A análise efetuada nos subcapítulos 3.2 e 3.3 permitiu caracterizar adequadamente o edifício tomado como Caso de Estudo e respetivo local de implantação, com uma detalhada descrição construtiva do edifício e geológica do local.

No subcapítulo 3.4 foi descrito detalhadamente o processo de medição. O referido processo foi realizado em duas fases distintas, sendo monitorizados durante a 1ª fase de instrumentação 10 compartimentos e durante a 2ª apenas 7. A monitorização dos compartimentos durante a 2ª fase foi realizada após análise detalhada dos compartimentos que apresentaram concentrações de gás Radão mais elevadas durante a 1ª fase. Cada compartimento instrumentado foi identificado como Amostra, tendo sido classificado através das letras A e Q. As designações referenciadas pelas letras K a O foram divididas em subamostras na 2ª fase de medição.

No subcapítulo 3.5 foi selecionado o método mais indicado para a instrumentação da concentração de gás Radão, tendo sido escolhida a deteção passiva para a realização do trabalho de instrumentação por constituir o método mais adequado aos resultados pretendidos. Neste contexto, foram utilizadas na instrumentação duas sondas do tipo *Canary Pro* [27] e uma sonda *VelociCalc 9565* [28], ambas com elevada precisão na medição de resultados e reduzida margem de erro na sua obtenção.

No subcapítulo 3.6 foi efetuada a caracterização das amostras instrumentadas e respetivo levantamento *in situ* dos materiais de construção dos compartimentos. A par desta caracterização foi estabelecido o registo dos sistemas de ventilação e aquecimento/arrefecimento existentes. Constatou-se

que o edifício tomado como Caso de Estudo é predominantemente de construção granítica, composto por paredes exteriores e interiores em alvenaria de granito com elevada espessura, a par de um conjunto de elementos construtivos do mesmo material, tais como: ombreiras, soleiras e padieiras. O conjunto de 12 compartimentos que compõem a amostra instrumentada é constituído, na sua maioria, por espaços ocupados com morfologia idêntica, no interior dos quais existem diversos elementos construtivos e arquitetónicos de granito à vista.

4. Apresentação dos Resultados Experimentais

No Capítulo 4 será realizada a apresentação dos resultados experimentais das amostras com registo gráfico dos valores medidos pelas sondas de instrumentação. A apresentação dos resultados é traduzida por um conjunto de gráficos que representam a variação da concentração de gás Radão, humidade relativa e temperatura do ar interior ao longo do tempo, a par da apresentação de uma tabela com uma síntese de dados estatísticos que permitem extrair conclusões numéricas para as várias amostras instrumentadas.

Os gráficos apresentados permitem, para além da representação dos resultados relativos aos parâmetros instrumentados, ao longo do tempo, a representação dos valores limite de acordo com a legislação em vigor, bem como a marcação dos períodos de ventilação implementados (linha tracejada na vertical – v). Adicionalmente cada gráfico contém os seguintes parâmetros estatísticos: valores máximo e mínimo, a média e o desvio padrão.

As tabelas apresentadas representam um conjunto de valores estatísticos como o máximo, o mínimo, a média, a mediana, o 1º e o 3º quartil, e os valores médios registados ao longo de 3 períodos temporais considerados (0-8h, 8-16h, 16-24h). Relativamente às amostras em que se realizou a instrumentação dos parâmetros dióxido e monóxido de carbono, cada tabela contempla ainda valores estatísticos como o máximo, a média e o mínimo.

O tratamento estatístico da informação permite enquadrar os resultados de instrumentação obtidos, comparando-os com os valores referência indicados pela legislação nacional aplicável: 400 Bq/m³ para a concentração do gás Radão, 1250 ppm/2250 mg/m³ para a concentração do dióxido de carbono e 9ppm/10mg/m³ para a concentração de monóxido de carbono. [1]

Tendo como base o valor dos parâmetros higrotérmicos registados, será realizada uma análise qualitativa, em função da norma ISO 7730:2005 [36] e da Portaria n.º 349-D/2013 (RECS) [38].

Assim sendo, na presente dissertação os níveis considerados como sendo ideais serão respetivamente 50-70% para a humidade relativa do ar interior e 18-22°C para a temperatura do ar interior.

4.1. Representação dos Resultados Experimentais

Nos subcapítulos 4.2.1 a 4.2.10 (1ª fase) e 4.2.11 a 4.2.17 (2ª fase) são apresentados, para cada amostra considerada, os resultados experimentais obtidos no decurso da campanha de medição e consequentemente representados os gráficos referentes à variação da concentração de gás Radão, temperatura e humidade relativa do ar interior ao longo do período de medição, assim como as tabelas referentes aos dados estatísticos calculados para cada parâmetro anteriormente referidos, bem como para as concentrações de dióxido e monóxido de carbono, por amostra monitorizada.

4.1.1. Amostra A

Por análise do Gráfico 1 é possível constatar, para a Amostra A, que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de $604,5 \text{ Bq/m}^3$, o valor mínimo de $29,6 \text{ Bq/m}^3$ e o valor médio é de $281,7 \text{ Bq/m}^3$, sendo registado o valor máximo no dia 3 de maio pelas 6:51h, e o valor mínimo no dia 29 de abril, pelas 14:51h. A concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

Observa-se que durante o período semanal os valores máximos de concentração de gás Radão registam-se durante o período de madrugada, e que em sentido inverso os valores mínimos surgem durante período da tarde.

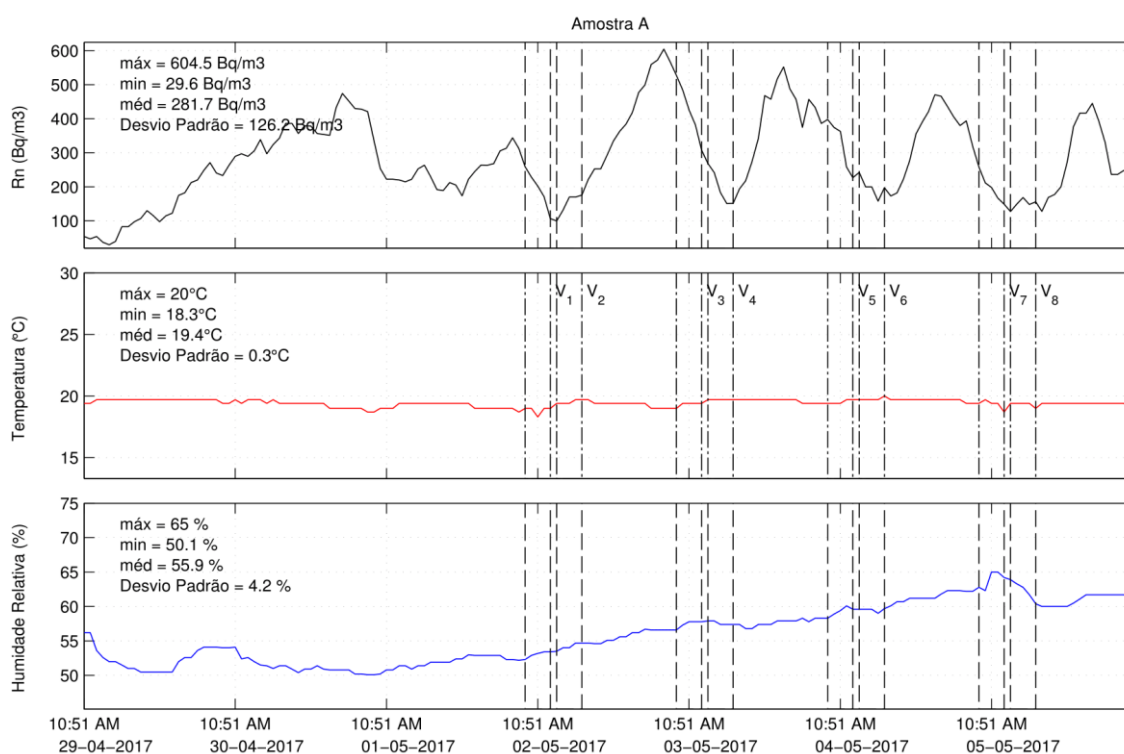


Gráfico 1 - Amostra A (Radão).

A análise do Gráfico 1 permite observar que não existe uma correlação entre os períodos de ventilação e a diminuição da concentração de gás Radão.

De facto, nos períodos de ventilação 2 e 8 salienta-se o aumento de concentração de gás Radão com o acréscimo da renovação de ar, ao contrário

do que seria inicialmente expectável. De referir que ao longo do processo de monitorização, o local foi ventilado 8 vezes por recurso à abertura de janelas.

Tabela 6 - Amostra A (Parâmetros).

Amostra A									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	604,5	29,6	281,7	260,95	189,73	379,63	376,59	230,72	237,85
Humidade relativa (%)	65	50,1	55,9	55,6	52	59,68	56,31	56,19	55,26
Temperatura (°C)	20	18,3	19,4	19,4	19,4	19,7	19,35	19,38	19,55

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que durante o período entre as 0-8h se regista um valor médio da concentração de gás Radão de 376,59Bq/m³, seguindo-se o período entre 16-24h com um valor de 237,85Bq/m³ e por fim, com um valor menor, o período 8h -16h, que apresenta um valor de 230,72Bq/m³.

No que respeita à mediana esta apresenta um valor de 260,95 Bq/m³. De salientar que há um predomínio de valores da Amostra A no 3º Quartil.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, de acordo com a Tabela 6, verifica-se que a temperatura máxima atingiu os 20°C, a temperatura mínima 18 °C, fixando-se a média em 19,4°C. De referir também que a humidade relativa do ar interior regista um valor máximo de 65%, com um mínimo de 50,1% e um valor médio de 55,9%.

No que concerne aos valores médios da temperatura e humidade relativa, a temperatura atingiu o valor mais elevado durante o período ente as 16-24h apresentando um valor de 19,55°C, seguindo-se o período entre as 8-16h com um valor de 19,38°C, finalizando com o período entre 0-8h com um valor de 19,35°C. No que respeita à humidade relativa do ar interior, foi obtido o valor médio mais elevado entre as 0-8h registando-se 56,31%, seguido de 56,19% no período entre as 8-16h, e de 55,26% durante o período das 16-24h.

Os valores observados no Gráfico 1 e na Tabela 6 permitem constatar que a concentração de gás Radão na Amostra A, não cumpre com a expectativa inicial— dada a localização e a morfologia do compartimento instrumentado, os valores registados seriam à partida consideravelmente mais elevados.

A concentração do gás Radão apresentou um valor médio de 281,7 Bq/m³, valor inferior ao limite de 400Bq/m³ estipulado na Portaria nº353-A/2013 e consequentemente abaixo do valor referência de 300Bq/m³ segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM. Convém referir o facto de o valor da concentração registado ter sido menor durante o período de utilização do espaço (8-16h).

No que respeita à ventilação não é evidente a existência de uma correlação entre os períodos de ventilação e a redução dos níveis de concentração de gás Radão observados. De facto, verifica-se que durante os períodos de ventilação 2 e 8, ocorreu o efeito contrário ao expectável. O aumento da concentração do gás Radão, nos referidos períodos, deve-se muito provavelmente ao facto de haver apenas um ponto de entrada de ar (porta aberta) não sendo criada a ventilação necessária para que a renovação de ar fizesse diminuir a concentração de gás Radão.

Um aspeto a ter em conta é o facto de haver uma tendência idêntica, no gráfico de variação da concentração de gás Radão ao longo do tempo, durante o dia 3, 4 e 5.

No que respeita à humidade relativa do ar interior, observa-se uma tendência crescente iniciada a dia 1 de maio com um valor de 50.1 % terminando a dia 5 de maio com um valor de 63.9%.

Importante referir que a leitura da Tabela 6 permite constatar que os valores referentes à humidade relativa e à temperatura do ar interior se encontram dentro dos valores indicados pela legislação aplicável, para o conforto térmico, fixando-se, de acordo com a referida legislação, os valores nos seguintes intervalos: temperatura do ar interior entre 18°C e 22°C e a humidade relativa do ar interior entre os 50% e os 70%.

Conclui-se que o compartimento monitorizado (Amostra A) apresenta todos os parâmetros analisados, como adequados, à luz dos limites impostos pela legislação nacional.

4.1.2. Amostra B

Através da análise do Gráfico 2 constata-se, para a Amostra B, que a concentração de gás Radão apresenta o valor máximo de 434,4 Bq/m³, mínimo

de $8,8 \text{ Bq/m}^3$ e o valor médio de $137,2 \text{ Bq/m}^3$, sendo registado o valor máximo no dia 3 de maio pelas 6:57h e o valor mínimo no dia 29 de abril pelas 22:57h.

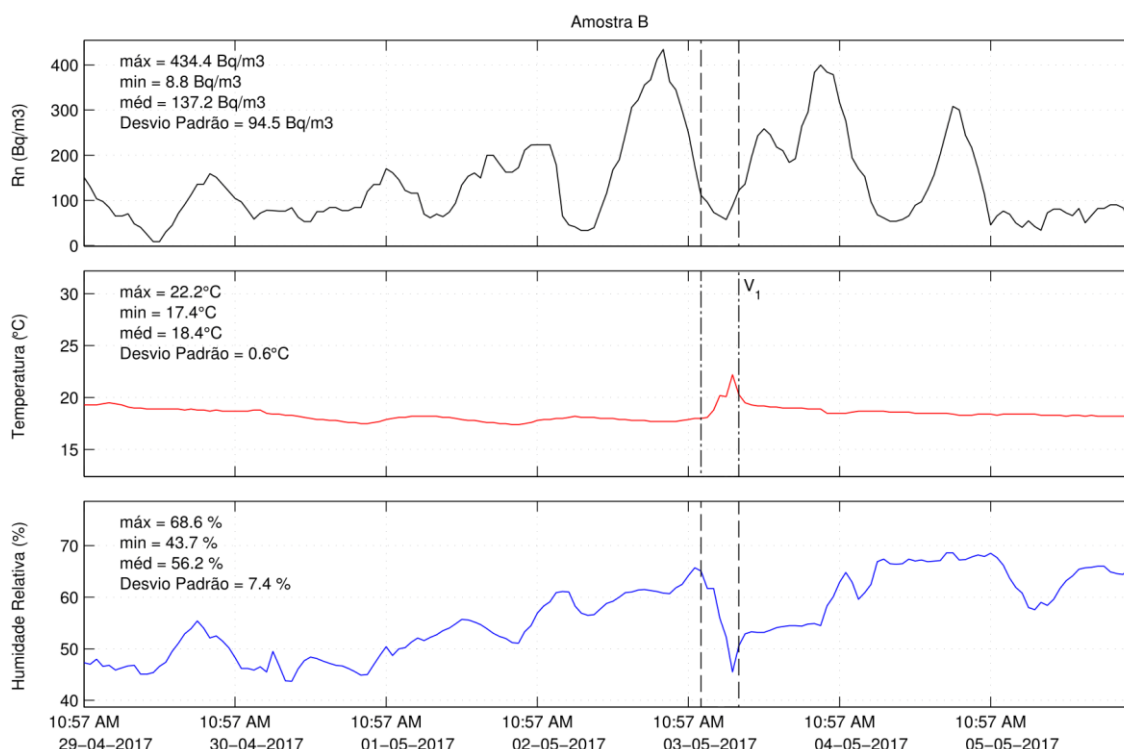


Gráfico 2 - Amostra B (Radão).

O valor médio verificado referente à concentração de gás Radão encontra-se abaixo do valor de referência segundo a legislação Portuguesa, 400 Bq/m^3 , e consequentemente abaixo de 300 Bq/m^3 referentes ao valor limite segundo a Diretiva Europeia.

No Gráfico 2 é possível observar que os valores máximos de concentração de gás Radão surgem durante o período da madrugada e que em sentido inverso os valores mínimos são verificados durante o período da tarde.

De referir que relativamente à ventilação observada o impacto que a variação de ar tem na diminuição de gás não é observada graficamente, pois durante a ventilação efetuada o valor da concentração de gás Radão encontra-se em sentido descendente e consequentemente em sentido ascendente, não havendo uma correspondência direta no que refere ao efeito que a ventilação poderá obter na diminuição da concentração de gás Radão.

No que confere aos parâmetros higrotérmicos, através da análise do Gráfico 2 verifica-se no dia 3 de maio o aumento significativo da temperatura,

atingindo o valor de 22,2°C e consequentemente a diminuição da humidade relativa do ar interior, apresentando um valor de 45,5 %.

Segundo os valores de balizamento referentes ao conforto térmico, através da análise do gráfico 2, *cf* Gráfico 2, observa-se que os valores médios da temperatura e humidade relativa do ar interior se fixam dentro dos intervalos pretendidos, 18-22°C e 50-70% respetivamente.

Tabela 7 - Amostra B (Parâmetros).

Amostra B									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	434,4	8,8	137,2	97,5	69,68	183,1	185,14	142,83	83,5
Humidade relativa (%)	68,6	43,7	56,2	70,2	63,18	74,98	57,19	56,65	54,8
Temperatura (°C)	22,2	17,4	18,4	16,3	16	16,3	18,21	18,41	18,58
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1021	693	727,7	Dióxido de carbono (mg/m³)			1837,8	1247,7	1309,4
Monóxido de carbono (ppm)	1	0	0,3	Monóxido de carbono (mg/m³)			1,15	0	0,34

De acordo com a Tabela 7, verifica-se através dos valores médios por período que a concentração de gás Radão durante o intervalo das 0-8h apresenta o valor de 185,14 Bq/m³, seguido do intervalo das 8-16h com um valor de 142,83 Bq/m³ e finalizando com 83,50 Bq/m³ durante o período das 16-24h. No que respeita à mediana esta apresenta um valor de 97,5 Bq/m³, salientando-se um predomínio dos valores da Amostra B no 3º Quartil.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior máxima atingiu o valor de 22,2°C, a mínima os 17,4°C, fixando-se a temperatura do compartimento num valor médio de 18,4°C. Quanto à humidade relativa do ar interior, esta obteve o valor máximo de 68,6%, mínimo de 43,7% e médio de 56,2%.

No que refere aos valores médios ao longo dos diferentes períodos, regista-se a temperatura de 18,21°C durante o período 0-8h, 18,41°C durante o período 8-16h e 18,58°C durante o período 16-24h. Relativamente à humidade relativa do ar interior, durante o período 0-8h verifica-se o valor de 57,19%,

seguindo-se o período das 8-16h com um valor de 56,65%, fixando-se o valor em 54,80% durante período das 16-24h.

Através da análise da Tabela 7 verifica-se que a concentração de dióxido de carbono obteve valor máximo de 1021 ppm/1837,8 mg/m³, o valor mínimo de 693 ppm/1247,4 mg/m³ e um valor médio de 727,7 ppm/1309,4 mg/m³. A concentração do gás monóxido de carbono apresenta o valor máximo de 1 ppm/1,2 mg/m³, o valor mínimo de 0 ppm/0 mg/m³ e um valor médio de 0,3 ppm/0.3 mg/m³.

A observação do Gráfico 2 e da Tabela 7 permite constatar que o compartimento em estudo apresenta valores enquadrados segundo os limites expectáveis, embora haja valores pontuais em que o limite legal da concentração do gás Radão seja ultrapassado. A concentração de gás Radão apresenta um valor médio de 137.2 Bq/m³ fixando-se abaixo do limite imposto pela Portaria nº 353-A/2013 e pela Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM.

A sala de estudo é composta na sua maioria por elementos graníticos, sendo expectável um valor médio de concentração de gás Radão bastante superior ao verificado devido à morfologia e localização do compartimento. Os valores obtidos são justificados através da elevada permeabilidade estrutural, dos vãos envidraçados e da tipologia da laje térrea. A laje térrea é composta na sua maioria por agregados de elevada granulometria e recoberta a betonilha de cimento, poderá funcionar como um elemento dissipador de gás Radão, havendo abaixo do pavimento camadas de solo permeáveis sendo possível a dissipação do gás através de pontos de fuga, como fissuras no pavimento ou “buracos” existentes nas camadas de solo.

Através do Gráfico 2 verifica-se que durante a semana de monitorização os valores máximos de concentração de gás Radão surgem durante o período da madrugada, e que em sentido inverso os valores mínimos verificam-se durante o período da tarde, destacando-se esse facto durante os dias 3,4 e 5. Assim sendo, crê-se que a exalação do gás é realizada a partir do solo, pois através da observação gráfica verifica-se que o Radão se comporta de forma idêntica em espaços fisicamente distantes, Amostra A e B, havendo em comum o piso em que se encontram implantadas.

Relativamente aos restantes parâmetros monitorizados, os valores da concentração de dióxido de carbono da Amostra B, indicam a presença de

atividade humana na sala de estudo durante o dia 3 de maio, verificando-se esse facto através da comparação dos valores de concentrações normalmente observados, 700ppm e 800ppm, e o aumento de aproximadamente 970ppm e 1030ppm no horário das 14:57h e 16:57h durante o dia 3. No que refere às concentrações do gás monóxido de carbono, os valores observados são considerados como desprezíveis. Comparativamente aos valores regulamentares, as concentrações de dióxido e monóxido de carbono encontram-se abaixo dos valores de concentração de referência impostos pela Portaria nº 353-A/2013, 2250mg/m³ e 10mg/m³ respetivamente, registando-se um valor médio de concentração de dióxido de carbono no compartimento 1309.78 mg/m³ e de concentração de monóxido de carbono de 0.29 mg/m³.

Através da análise do Gráfico 2, verifica-se que o valor médio da temperatura interna se fixa em 18.4°C e da humidade relativa do ar interior em 56.2%, enquadrando-se dentro do balizamento de valores pretendidos, relativamente ao conforto térmico.

Por fim, conclui-se que o compartimento em estudo cumpre com os valores de concentração impostos pela legislação nacional, relativamente à concentração de gás Radão, dióxido e monóxido de carbono, bem como com os parâmetros temperatura e humidade relativa do ar interior no que refere ao conforto térmico de espaços interiores.

4.1.3. Amostra C

Através da análise do Gráfico 3 é possível constatar, para a Amostra C, que o valor máximo referente à concentração de gás Radão é de 1090,7 Bq/m³, o valor mínimo é de 314,3 Bq/m³ e o valor médio de 721,2 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 8 de maio pelas 00:22h e o valor mínimo durante o dia 12 de maio pelas 22:22h.

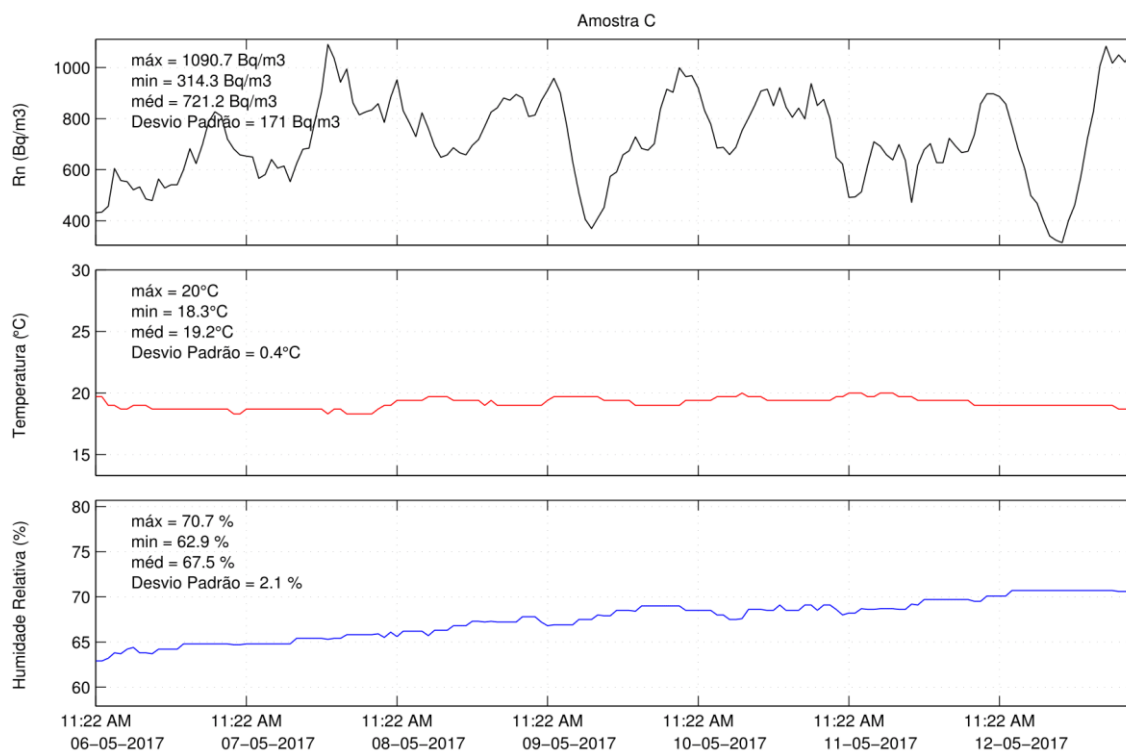


Gráfico 3 - Amostra C (Radão).

Verifica-se que durante o dia 9 de maio entre 13:22h e as 18:22h e o dia 12 de maio entre as 10:22h e as 21:22h existe uma queda abrupta nos valores da concentração de gás Radão.

Tal como observado através das amostras anteriores, os valores máximos da concentração de gás Radão surgem durante o período da madrugada, não havendo uma relação entre o parâmetro gás Radão e os parâmetros higrotérmicos monitorizados.

Relativamente à temperatura e humidade relativa do ar interior do ar interior, observa-se primeiramente que a temperatura máxima registada se fixa em 20°C, a mínima em 18,3°C e o valor médio em 19,2°C, verificando-se uma pequena amplitude térmica. Relativamente à humidade relativa verifica-se através do gráfico 3 o valor máximo de 70,7%, o mínimo de 62,9 % e finalmente a valor médio de 67,5%.

Segundo a análise realizada ao conforto térmico, observa-se que o valor médio da temperatura e da humidade relativa do ar interior se fixa dentro dos intervalos pretendidos, 18-22°C e 50-70% respetivamente.

Tabela 8 - Amostra C (Parâmetros).

Amostra C									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m ³)	1090,7	314,3	721,2	698,5	616,1	850,9	810,76	749,21	604,1
Humidade relativa (%)	70,7	62,9	67,5	67,9	65,6	69,1	67,95	67,25	67,35
Temperatura (°C)	20	18,3	19,2	19	18,7	19,4	18,99	19,21	19,29
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1404	754	944,4	Dióxido de carbono (mg/m ³)			2527,2	1357,2	1699,92
Monóxido de carbono (ppm)	1,3	0,5	0,9	Monóxido de carbono (mg/m ³)			1,49	0,57	1,03

De acordo com a Tabela 8, verifica-se que a concentração do gás Radão apresenta o maior valor médio por período durante o período das 0-8h com um valor de 810,76 Bq/m³, seguido pelo período 8-16h com um valor de 749,21 Bq/m³ e por último o período 16-24h com o valor de 604,10 Bq/m³. No que respeita à mediana esta apresenta um valor de 698,5 Bq/m³, verificando-se um predomínio de valores da Amostra C no 3º Quartil.

Através da consulta da tabela verifica-se um valor máximo da concentração de dióxido de carbono de 1404 ppm/2527,2 mg/m³, mínimo de 754 ppm/1357,2 mg/m³ e um valor médio de 944,4 ppm/1699,9 mg/m³. Relativamente à concentração de monóxido de carbono o valor máximo registado é de 1,3 ppm/1,5 mg/m³, o valor mínimo de 0,5 ppm/0,6 mg/m³ e o valor médio é de 0,9 ppm/1,0 mg/m³.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos analisados, verifica-se que a temperatura do ar interior atingiu um valor máximo de 20°C, mínimo de 18,3°C e médio de 19,2°C. Quanto à monitorização da humidade relativa do ar interior o valor máximo observado fixou-se em 70,7%, mínimo de 62,9% e médio de 67,5%.

Analisando os valores médios por período, obteve-se a temperatura de 18,99°C durante o período 0-8h, 19,21°C durante o período 8-16h e 19,29°C durante o período 16-24h. Relativamente aos valores percentuais da humidade relativa do ar interior obteve-se durante o período 0-8h o valor de 67,95%, 67,25% durante o período das 8-16h e 67,35% entre o período das 16-24h.

Através dos valores observados no Gráfico 8 e na Tabela 3 conclui-se que os valores referentes à concentração de gás Radão encontram-se em 97,6% dos

casos acima do valor limite de referência, 400 Bq/m³, fixado pela Portaria nº 353-A/2013 e em 100% acima da referência segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM que estabelece o nível máximo em 300Bq/m³.

Constata-se que durante o período de utilização do compartimento, o valor médio da concentração de gás Radão é de 1.87 vezes superior ao limite imposto pela Portaria, 400Bq/m³, e de 1.80 vezes superior através do valor médio por 24h, sendo observados os valores de maior concentração em 37.5% do horário de utilização do espaço e os de menor concentração em 25%.

Quanto ao decréscimo da concentração de gás Radão verificado nos dias 9 e 12 de maio, não existe explicação lógica para o facto observado, supondo-se ter havido ventilação natural do compartimento, realizada pelos seus ocupantes através da abertura dos vãos existentes, embora não haja a marcação dos períodos de ventilação por parte dos utilizadores do espaço.

Relativamente às concentrações de dióxido e monóxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar interior, devido a um erro eletrónico da sonda *VelociCalc 9565* (11 a 13 de maio) apenas existem registos de valores do dia 6 a 10 de maio encurtando a dimensão da amostra de 7 para 4 dias.

Embora a medição apenas tenha contabilizado valores durante quatro dias, através da análise efetuada observa-se a relativa diferença entre o período de fim de semana, 6 e 7 de maio, e o semanal, 8 e 9 de maio. A ocupação humana é registada a dia 8 e 9 de maio, através da subida substancial das concentrações de dióxido de carbono, não sendo esse facto observado durante o período de fim de semana, em que o local não se encontrou ocupado. Assim sendo, e comparativamente ao valor de referência segundo a legislação Portuguesa, que fixa para o dióxido de carbono o valor em 2250mg/m³, o valor médio para 4 dias registou-se em 1700 mg/m³, registando-se o valor médio para os 2 dias de utilização em 1894mg/m³, valores pouco abaixo do limite segundo a Portaria nº 353-A/2013. Quanto ao monóxido de carbono o valor obtido situa-se bastante abaixo do valor de referência, localizando-se em 1.02 mg/m³ sendo o limite 10 mg/m³, justificando-se esse facto através da inexistência de fogões a gás, caldeiras, aquecedores em funcionamento, ou até mesmo fumo de tabaco.

Os fatores higrotérmicos verificados no local tal como identificado anteriormente seguem o padrão do conforto térmico, observando-se um valor máximo para a temperatura do ar interior de 20°C e o mínimo de 18.3°C, fixando-

se o valor médio em 19.2°C, verificando-se uma pequena amplitude térmica.

Conclui-se que o compartimento monitorizado (Amostra C) não apresenta as condições de qualidade do ar interior pretendidas no que refere aos níveis de concentrações de gás Radão observados, sendo necessário iniciar um processo que implemente medidas mitigadoras de redução de concentrações do gás para o nível limite legislado em Portugal. Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, o compartimento em estudo encontra-se dentro dos balizamentos pretendidos para que haja conforto térmico.

4.1.4. Amostra D

Através de análise do Gráfico 4 verifica-se que os valores da concentração de gás Radão apresentam um valor máximo de 905 Bq/m³, mínimo de 206.1 Bq/m³ e médio de 569.1 Bq/m³, sendo registado o valor máximo a dia 9 de maio pelas 7:41h e o valor mínimo no dia 8 de maio pelas 00:41h.

A concentração de gás Radão é distinta por período, verificando-se níveis de concentração de gás superiores durante o período de madrugada/manhã e maioritariamente inferiores durante o período tarde/noite.

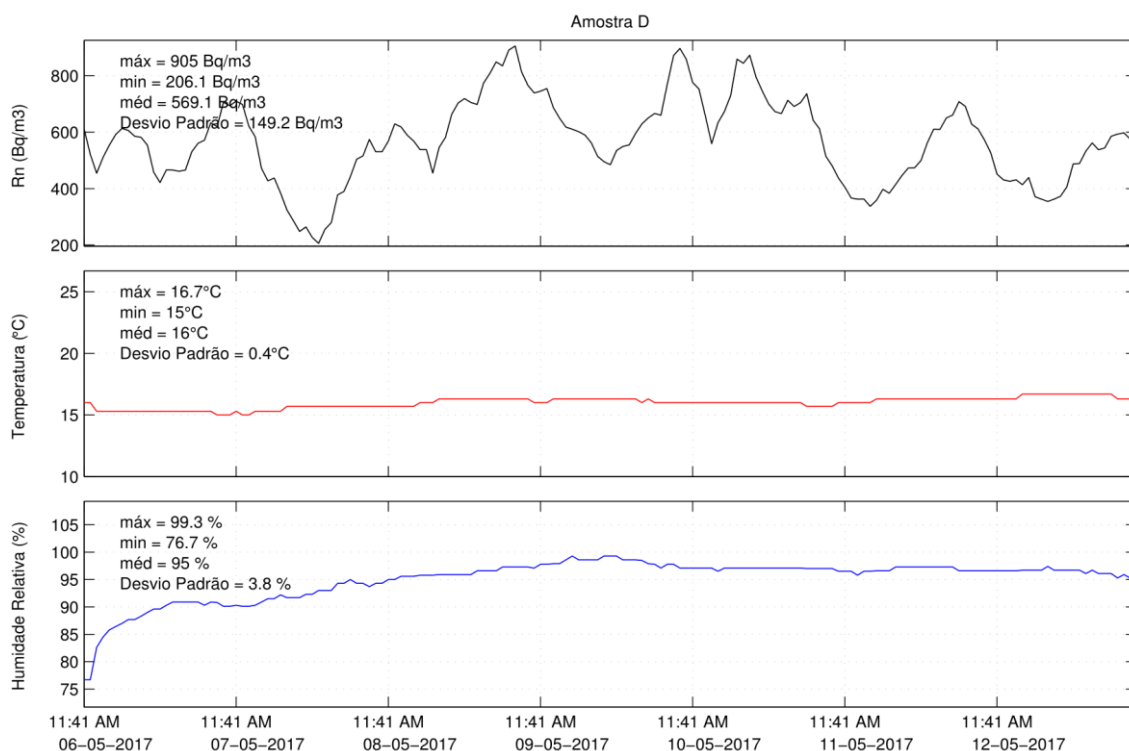


Gráfico 4 - Amostra D (Radão).

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos observa-se que a temperatura regista valores e comportamentos homogêneos, atingindo um valor máximo de 16,7°C, mínimo de 15°C e médio de 15°C, verificando-se uma baixa amplitude térmica. No que respeita aos valores da humidade relativa do ar interior, foram detetados valores bastante acima do comum, fixando-se o valor máximo em 99,3 %, o mínimo em 76,7% e o valor médio em 95%.

Tabela 9 - Amostra D (Parâmetros).

Amostra D									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	905	206,1	569,1	572,7	461,3	666	600,95	589,55	517,17
Humidade relativa (%)	99,3	76,7	95	96,6	94,3	97,1	95,68	94,23	95,11
Temperatura (°C)	16,7	15	16	16	15,7	16,3	16,03	15,87	16,05

De acordo com a Tabela 9, verifica-se através dos valores médios por período que a concentração de gás Radão atinge o valor mais elevado durante o período entre as 0-8h registando um valor médio de 600,95 Bq/m³, seguindo-se o período 8-16h com um valor de 589,55 Bq/m³ e por último um valor de 517,17Bq/m³ durante o período entre 16-24h. Relativamente à mediana esta apresenta um valor de 572.7 Bq/m³ verificando-se um predomínio de valores de concentração de gás Radão da Amostra D no 1º Quartil. Em relação aos parâmetros higrotérmicos, os valores médios por 3 períodos indicam que a temperatura interna atingiu o valor mais elevado durante o período 16-24h com uma temperatura de 16,05°C, seguindo-se o período 0-8h com 16,03°C e finalizando com 15,87°C o período 8-16h. A humidade relativa do ar interior obteve o valor mais elevado durante o período 0-8h registando um valor de 95,68%, seguido de um valor de 94,23% durante o período 8-16h e de 95,11% durante o período 16-24h.

Através dos valores observados no Gráfico 4 e na Tabela 9 constata-se que os níveis de concentração de gás Radão registados encontram-se acima dos valores de concentração máxima de referência definidos pela Portaria nº 353-A/2013, 400 Bq/m³, fixando-se o valor médio em 569.1Bq/m³. Verifica-se

que 86.31% dos valores obtidos se encontram acima do limite máximo de 400Bq/m³ permitido pela Portaria nº353-A/2013 e que apenas aproximadamente 4% dos valores obtidos se encontram enquadrados segundo o limite de 300 Bq/m³ referenciado segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM.

Relativamente aos valores médios por período, regista-se no período 0–8h o valor médio de 600.95 Bq/m³, no período 8-16h o valor de 589.55 Bq/m³ e no período 16–24h o valor de 517.17 Bq/m³, concluindo-se desta forma que embora os valores se fixem acima do limite legalmente permitido, em período de utilização o valor médio da concentração de gás Radão é inferior ao valor mais elevado dos valores da média por período, embora ainda assim seja superior à média calculada para 24h, acima de 400 Bq/m³, valor de referência segundo a Portaria nº353-A/2013.

Segundo os valores pretendidos para o conforto térmico, através da análise do Gráfico 4 e da Tabela 9, observa-se que os valores referentes à média da temperatura e da humidade relativa do ar interior não se enquadram dentro dos intervalos pretendidos, 18-22°C e 50-70% respetivamente. Assim sendo, conclui-se que termicamente o compartimento em estudo não enquadra no padrão de conforto térmico estipulado, podendo dever-se esse facto à grande volumetria da sala, à morfologia granítica, à elevada permeabilidade dos vãos existentes e também à meteorologia à data da monitorização.

Em suma, pode-se afirmar que relativamente às concentrações médias de gás Radão, a sala não possui as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras tendo em vista a redução dos níveis observados até ao valor limite imposto pela legislação nacional. Consequentemente deverá ser realizado um estudo, e propostas soluções, de forma a melhorar a qualidade do ar interior do local, no que refere aos parâmetros higrotérmicos em estudo, temperatura e humidade relativa do ar interior.

4.1.5. Amostra E

Através da análise do Gráfico 5 é possível constatar, para a Amostra E, que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 1211.1 Bq/m^3 , o valor mínimo em 253.2 Bq/m^3 e o valor médio em 642 Bq/m^3 , sendo registado o valor máximo no dia 15 de maio pelas 5:28h e o valor mínimo no dia 18 de maio pelas 18:28h.

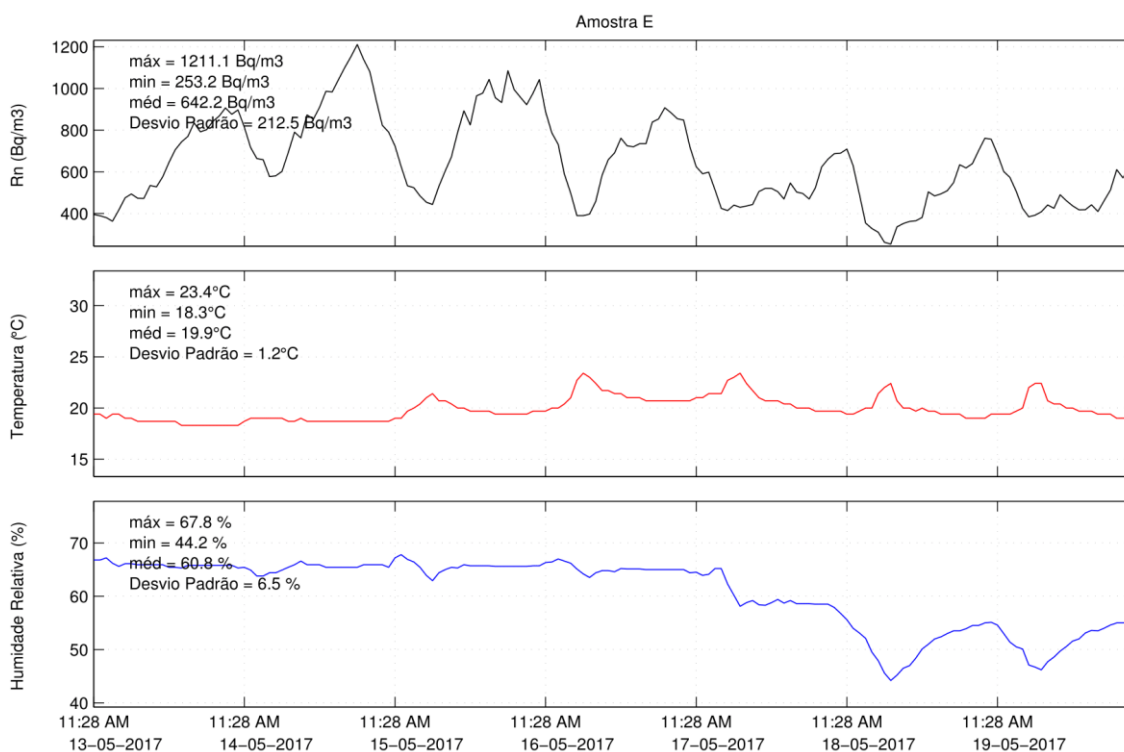


Gráfico 5 - Amostra E (Radão).

Tal como verificado, o valor máximo obtido, através da monitorização do gás Radão, é aproximadamente 3 vezes superior ao valor de referência segundo a legislação Portuguesa e 4 vezes superior ao valor imposto pela União Europeia.

Através da verificação gráfica é possível observar que o gás Radão se comporta de forma distinta, observando-se um comportamento diferente durante os dias 14, 15 e 16 de maio e os dias 18, 19 e 20 do mesmo mês. Verifica-se também, que durante o período de fim de semana (não utilização) e semanal (utilização), o comportamento do gás Radão é cíclico, isto é, comporta-se de forma crescente e decrescente não havendo diminuição ou aumento abrupto dos níveis de concentração de gás.

Observa-se que durante os períodos em que o valor de concentração de gás Radão é menor, a temperatura interna aumenta e consequentemente a humidade relativa diminuiu, havendo desta forma uma relação direta entre os 3 parâmetros medidos. De notar que a partir de dia 17 de maio se verifica uma descida do nível da humidade relativa do ar interior acompanhada pela diminuição da concentração de gás Radão.

Tabela 10 - Amostra E (Parâmetros).

Amostra E									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1211,1	253,2	642,2	610,1	469,5	791,8	745,95	652,76	528,09
Humidade relativa (%)	67,8	44,2	60,8	19,7	19	20,7	61,07	61,84	59,36
Temperatura (°C)	23,4	18,3	19,9	64,9	55	65,7	19,47	19,63	20,58

De acordo com a Tabela 10, verifica-se que os valores da média por período referentes à concentração de gás Radão são mais elevados durante o período das 0-8h apresentando um valor de 745,95 Bq/m³, seguido do período 8-16h com um valor de 652,76 Bq/m³ e por último um valor de 528,09 Bq/m³ durante o período das 16-24h, verificando-se o valor da mediana em 610,10 Bq/m³ mostrando a tendência da Amostra E em se aproximar do 1º Quartil.

Relativamente à temperatura e humidade relativa do ar interior, através da consulta da Tabela 10, verifica-se que a temperatura oscilou entre os 23,4°C, temperatura máxima, e os 18,3°C como temperatura mínima, atingindo um valor médio de 19,9°C. De referir que a humidade relativa do ar interior obteve uma percentagem máxima de 67,8%, mínima de 44,2% um valor médio de 60,8%.

No que refere à análise dos parâmetros higrotérmicos por período, observa-se que a temperatura do ar interior atingiu o valor mais elevado durante o período 16-24h com uma temperatura de 20,58°C, seguindo-se os períodos 8-16h e 0-8h com valores de 19,63°C e 19,47°C respetivamente. É também possível observar que a humidade relativa do ar interior registou o valor mais elevado durante o período entre as 0-8h com 61,07%, seguindo de 61,84% durante o período entre 8-16h e de 59,36% no período entre as 16-24h.

Os valores observados no Gráfico 5 e na Tabela 10 permitem constatar que a concentração de gás Radão apresenta um valor máximo de 1211,1 Bq/m³

e um valor médio de $642,2 \text{ Bq/m}^3$, localizando-se o valor médio acima do valor regulamentado pela Portaria nº353-A/2013, 400 Bq/m^3 , e pelo valor de referência segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, 300 Bq/m^3 . Assim sendo verifica-se que o valor médio registado é de $642,2 \text{ Bq/m}^3$ encontrando-se acima do limite imposto pela legislação nacional em 1,61 vezes e 2,14 vezes segundo a Diretiva Europeia.

Entre o dia 15 e 17 de maio, os valores máximos para a concentração de gás Radão, fixam-se entre $1211,1 \text{ Bq/m}^3$ e o valor de $907,5 \text{ Bq/m}^3$ supondo-se haver neste caso o efeito do período de 3,8 dias de meia vida referente ao decaimento do gás Radão. Verifica-se que a concentração de gás Radão se mantém “estável” durante os dias 15,16 e 17, atingindo valores máximos e mínimos em horários e períodos idênticos.

Os valores de concentração de gás Radão máximos registados nos dias 15 ($1211,1 \text{ Bq/m}^3$), 16 ($1085,3 \text{ Bq/m}^3$) e 17 ($907,5 \text{ Bq/m}^3$) ocorreram pelas 5:28h, 5:28h e 6:28h respetivamente, enquanto que os valores mínimos registados durante os mesmos dias foram de $443,3 \text{ Bq/m}^3$, $390,0 \text{ Bq/m}^3$ e $413,9 \text{ Bq/m}^3$, pelas 17:28h, 16:28h, 16:28h, respetivamente.

Através da observação dos valores descritos anteriormente, verifica-se um valor de concentração de gás Radão máximo e médio elevado, uma vez que o compartimento em estudo se localiza no piso 3, podendo dever-se esse facto aos fluxos de ar existentes pelo edifício, criando diferenças de pressão entre as lajes e consequente condução do gás Radão até níveis superiores.

No que se refere aos parâmetros higrotérmicos registados no compartimento, a Amostra E cumpre com os balizamentos pretendidos para que haja conforto térmico.

A monitorização da humidade relativa do ar interior registou valores com um comportamento linear até ao dia 18 de maio, dia em que houve uma descida de aproximadamente 15% relativamente aos valores medidos em dias anteriores, acompanhando a tendência de queda registada pelo valor da humidade exterior. A elevada permeabilidade dos vãos poderá ser a causa que relacione o facto anteriormente descrito.

Conclui-se que o compartimento em estudo, relativamente à concentração média de gás Radão, não possui as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser

iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados reduzam até ao limite imposto pela legislação nacional.

4.1.6. Amostra F

Por análise do Gráfico 6 é possível constatar, para a Amostra F, que a concentração de gás Radão apresenta o valor máximo registado de 1095 Bq/m³, o valor mínimo de 75,9Bq/m³ e o valor médio de 525,6 Bq/m³, sendo registado o valor máximo no dia 15 de maio pelas 8:00h e o valor mínimo no dia 18 de maio pelas 18:00h.

Importante referir que os valores referentes aos parâmetros higrotérmicos monitorizados durante o dia 13,14 e 15 apresentam um erro de medição, não sendo possível analisar os valores obtidos.

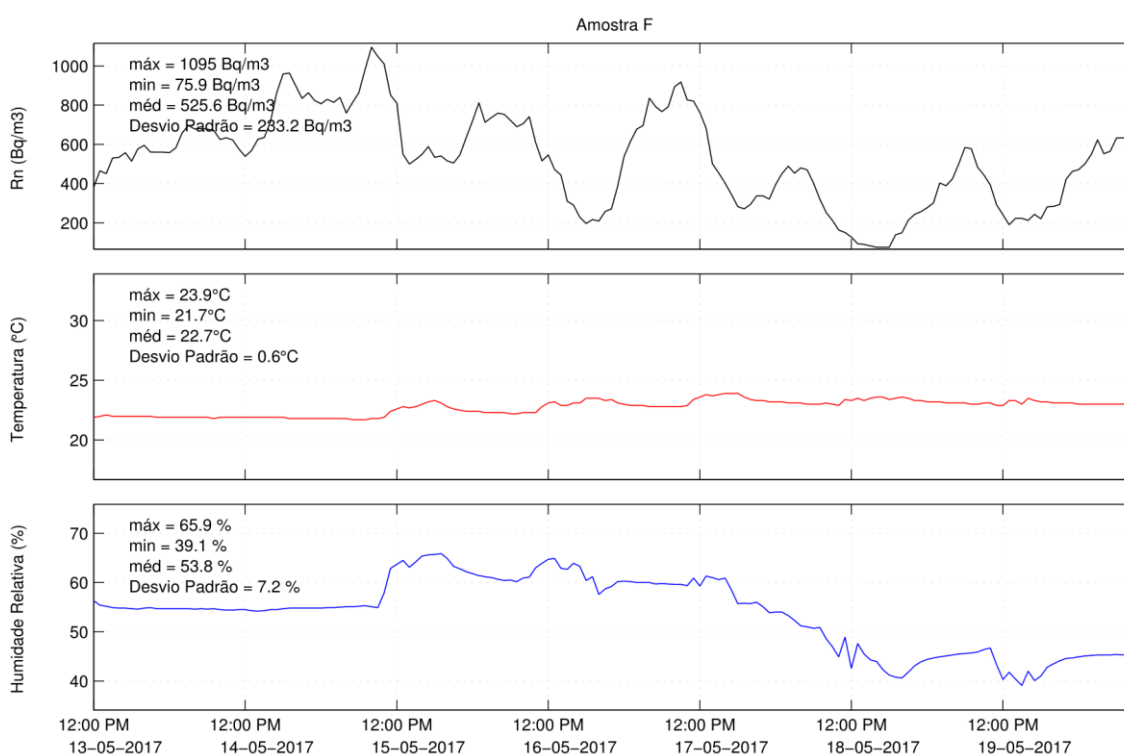


Gráfico 6 - Amostra F (Radão).

Observa-se que entre o dia 15 e 17 de maio os valores máximos de concentração do gás Radão fixam-se entre o valor 1095 Bq/m³ e o valor 918,3 Bq/m³, diminuindo para aproximadamente para metade durante os dias 18,19 e 20 do mesmo mês, fixando-se os valores em 488,9Bq/m³, 584,6Bq/m³ e 637

Bq/m³, respetivamente, verificando-se a diminuição dos valores acompanhada pela diminuição dos valores da humidade relativa do ar interior. No que refere à temperatura do ar interior, verifica-se uma homogeneidade de valores, havendo uma amplitude térmica diminuta de apenas 2,2°C.

Tabela 11 - Amostra F (Parâmetros).

Amostra F									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1095	75,9	525,6	539,6	321	691,65	624,62	521,85	430,24
Humidade relativa (%)	65,9	39,1	53,6	64,15	51,1	66,43	53,3	54,32	53,72
Temperatura (°C)	23,9	21,7	22,7	21,7	20,4	22,4	22,58	22,73	22,89
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	2502	730	1007,2	Dióxido de carbono (mg/m³)			4503,6	1314	1812,96
Monóxido de carbono (ppm)	0,7	0,1	0,1	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,8	0,11	0,11

Tal como verificado através da Tabela 11, os valores da média por período relativos à concentração de gás Radão demonstram que durante o período entre 0-8h o valor é de 624,62 Bq/m³, seguindo-se o período entre 8-16h com um valor de 521,85 Bq/m³ e por último o período entre 16-24h apresentando um valor de 430,24 Bq/m³, fixando-se a mediana em 539,6 Bq/m³ revelando a tendência dos valores da Amostra F no 3ºQuartil.

Relativamente ao dióxido de carbono o valor máximo registado é de 2502 ppm/4503 mg/m³, o mínimo de 730 ppm/1314 mg/m³ e o valor médio é de 1007,2 ppm / 1812,9 mg/m³. Por sua vez, a concentração de monóxido de carbono apresenta um valor máximo de 0,7 ppm/0,8 mg/m³, um valor mínimo de 0,1 ppm/0,1 mg/m³ e um valor médio de 0,1 ppm/0,1 mg/m³.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior atingiu o valor máximo de 23,9°C, mínimo de 21,7°C e médio de 22,7°C. Quanto à humidade relativa do ar interior, obteve-se como valor máximo 65,9%, valor mínimo 39,1% e valor médio de 53,8%.

Quanto à análise dos valores médios por período referentes à temperatura e humidade relativa do ar interior, obteve-se a temperatura média de 22,58°C no período entre 0-8h, 22,73°C no período entre 8-16h e no período entre as 16-

24h, 22,89°C. Em relação aos valores da humidade relativa do ar interior, durante o período das 0-8h verifica-se o valor de 53,30%, entre as 8-16h obteve-se o valor de 54,32% e no período das 16-24h atingiu-se o valor de 53,72%.

Através da análise do Gráfico 6 e da Tabela 11, constata-se que o valor máximo da concentração de gás Radão é de 1095 Bq/m³, 2,75 vezes superior ao valor de referência segundo a Portaria nº 353-A/2003, 400 Bq/m³, e 3,70 vezes superior ao valor limite imposto pela União Europeia, 300 Bq/m³.

O valor médio da concentração de gás Radão acompanhou a tendência da amostra anterior, sendo o seu valor 526,6 Bq/m³, superior em aproximadamente 1.32 vezes o limite imposto pela legislação nacional e aproximadamente 1.76 vezes o valor referenciado pela União Europeia.

Por sua vez, os valores médios por período referentes à concentração de gás Radão, indicam que o intervalo de tempo em que a exalação do gás é realizada com maior intensidade se dá entre as 0-8h, não sendo este o período de utilização do espaço. De referir que em ambos os valores (valor máximo, médio e médio por 3 períodos), os valores observados encontram-se sempre acima dos valores de referência segundo a Portaria Portuguesa e Diretiva Europeia.

Importante referir que a concentração de gás Radão diminui a partir do momento em que o valor da humidade relativa do ar interior decresce, a dia 17 de maio pelas 13h.

Por todos os aspetos anteriormente analisados, é importante salientar o facto de haver valores de concentração de gás Radão elevados no 3º Piso do edifício, devendo-se a fluxos de ar existentes internamente, criando diferenças de pressão, que por consequência encaminham o gás até ao compartimento em estudo. A morfologia do compartimento composta por paredes (interiores e exteriores) em alvenaria de granito, padieiras, ombreiras e soleiras compostas pelo mesmo material, poderão funcionar como uma possível fonte de exalação do gás.

Em relação aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que o valor médio referente à humidade relativa do ar interior se encontrar dentro do balizamento pretendido para o conforto térmico, e que por sua vez o valor da temperatura do ar interior regista um valor pouco acima do limite recomendado, sendo observada uma temperatura de 22,7°C.

Segundo a análise do valor médio por período realizada através da Tabela 11, verifica-se que a temperatura do ar interior se encontra acima do valor recomendado de 22°C, e que por sua vez, os valores alusivos à humidade relativa do ar interior se enquadram no balizamento pretendido, 50-70%.

Relativamente ao gás dióxido de carbono, através do valor máximo registado, verifica-se uma ocupação elevada do compartimento durante o dia 15 de maio, em que os valores atingem um valor máximo de 2502 ppm, equivalente a aproximadamente 4503,6 mg/m³, valor superior à referência segundo a Portaria nº 353-A/2013. Por outro lado, o valor médio observado situa-se em 1812,6mg/m³, valor abaixo dos 2250 mg/m³ segundo a legislação nacional. Através da análise dos valores verifica-se a não utilização do compartimento durante o período de fim de semana, havendo durante a semana dias em que foi registada uma ocupação elevada do compartimento. Quanto ao monóxido de carbono monitorizado, os valores encontram-se abaixo dos valores de referência, sendo apenas verificadas duas oscilações durante o dia 15 e 17 de maio.

Conclui-se que o valor médio da concentração de gás Radão se encontra acima do limite imposto pela legislação nacional, assim sendo, o compartimento não possuiu as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados reduzam até a pelo menos o limite legal.

4.1.7. Amostra G

Através da análise do Gráfico 7 é possível apurar-se, para a Amostra G, que a concentração de gás Radão atingiu um valor máximo de 2144,2 Bq/m³, mínimo de 383,4Bq/m³ e médio de 1033,8 Bq/m³, sendo registado o valor máximo no dia 22 de maio pelas 2:20h e o valor mínimo no dia 22 de maio pelas 19:20h.

Observa-se que a concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o

efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

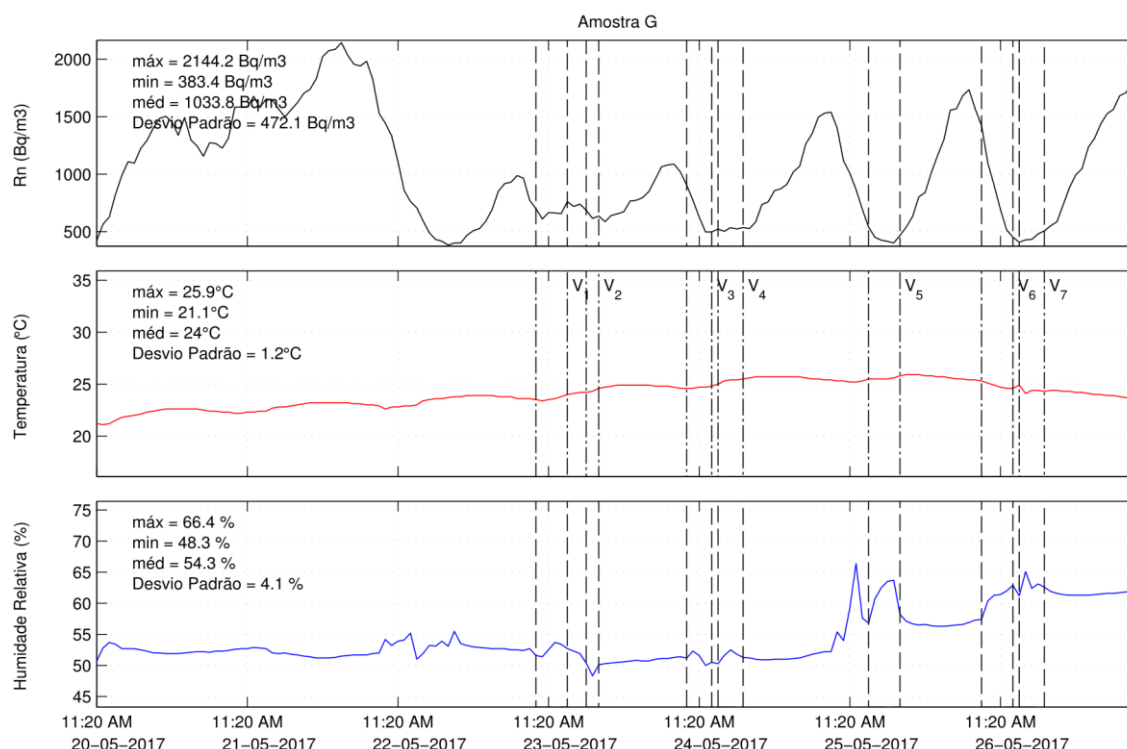


Gráfico 7 - Amostra G (Radão).

Relativamente aos valores observados ao longo do período correspondente ao fim de semana, durante o dia 20,21 e 22 verificam-se valores máximos compreendidos entre 1503,4 Bq/m³ e 2144,2 Bq/m³, sendo observados durante o período semanal, nos dias 25,26 e 27 valores compreendidos entre 1538,7 Bq/m³ e 1798 Bq/m³.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, através da análise gráfica é possível observar que a temperatura do ar interior sofre um ligeiro aumento a partir de dia 23 até ao dia 25 de maio, havendo um aumento da humidade relativa do ar interior a partir de dia 25 de maio.

Ainda através da análise gráfica é possível verificar que a ventilação não altera o comportamento da concentração do gás Radão, observando-se que em certos casos os níveis tendem a aumentar, sendo esse efeito visível através da ventilação 1 e 7.

Tabela 12 - Amostra G (Parâmetros).

Amostra G									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m ³)	2144,2	383,4	1033,8	929,4	626,4	1453,9	1299,6	950,85	849,55
Humidade relativa (%)	66,4	48,3	54,3	56,5	55,6	60,5	53,84	54,85	54,33
Temperatura (°C)	25,9	21,1	24	22,7	21,4	23,7	24,2	23,73	24,18
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1186	760	867,9	Dióxido de carbono (mg/m ³)			2134,8	1368	1562,2
Monóxido de carbono (ppm)	0,9	0,1	0,1	Monóxido de carbono (mg/m ³)			1,03	0,11	0,11

Através da análise da Tabela 12 verifica-se que os valores da média por período referentes à concentração de gás Radão se fixam em 1299,6 Bq/m³ durante o período entre 0-8h, seguindo-se o período entre 8-16h apresentando um valor de 950,85 Bq/m³ e por último o período entre 16-24h com o valor de 849,55 Bq/m³. O valor da mediana observado para a concentração de gás Radão é de 929,4 Bq/m³ verificando-se um predomínio de valores da Amostra G no 3º Quartil.

No que refere às concentrações de dióxido e monóxido de carbono, o valor máximo registado para relativo ao dióxido de carbono foi de 1186 ppm/2134,8 mg/m³, o mínimo de 760 ppm/1368 mg/m³ e o valor médio de 867,9 ppm/1562,2 mg/m³. A monitorização de monóxido de carbono apresenta um valor máximo de 0,9 ppm/1,0 mg/m³, mínimo de 0,1 ppm/0,1 mg/m³ e um valor médio de 0,1 ppm/0,1 mg/m³.

Importante referir que o compartimento em estudo foi sujeito a ventilação por parte dos utilizadores, tendo sido registado esse procedimento por 7 vezes.

Através da observação dos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior máxima atingiu os 25,9°C, a mínima os 21,1°C e o valor médio os 24°C. Em relação à humidade relativa do ar interior, verifica-se um valor máximo de 66,4%, mínimo de 48,3% e médio de 54,3%.

Relativamente à análise dos valores médios por período, a temperatura obteve um valor de 24,20°C durante o período 0-8h, 23,73°C durante o período 8-16h e entre as 16-24h o valor registado foi de 24,18°C. A humidade relativa do ar interior registou durante o período 0-8h o valor de 53,84%, entre as 8-16h

obteve-se um valor percentual de 54,85% e durante o período 16-24h atingiu-se os 54,33%.

Os valores observados através do Gráfico 7 e na Tabela 12 permitem constatar que o valor máximo de concentração de gás Radão se encontra acima do valor limite segundo a Portaria que rege os valores de referência em Portugal.

Segundo a Portaria nº353-A/2013 e a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, a comparação de valores deve ser realizada através dos valores médios por amostra, desta forma o valor registado através da Amostra G fixa-se em 1033,8 Bq/m³, sendo superior em 2,58 vezes o valor de 400Bq/m³ e 3,45 vezes o valor de 300Bq/m³.

Relativamente à análise realizada através do valor médio por período, o período 8-16h apresenta os valores de concentração de gás Radão mais elevados, verificando-se os menores valores durante o período 0-8h. Assim sendo pode-se afirmar que durante o horário laboral (8-16h) o gabinete monitorizado apresenta má qualidade do ar interior, no que refere à concentração de gás Radão. Este facto pode ser observado durante toda a monitorização, em que apenas 0,6% dos valores monitorizados se encontram abaixo do valor de referência segundo a Portaria nº353-A/2013.

Em consequência dos valores observados é importante salientar o facto de haver valores de concentração de gás Radão elevados no piso 2, devendo-se esse facto a possíveis fluxos de ar existentes internamente, criando diferenças de pressão, que por consequência encaminham o gás até ao compartimento em estudo. A morfologia do compartimento composta por paredes interiores e exteriores em alvenaria de granito, padieiras, ombreiras e soleiras compostas pelo mesmo material, poderão funcionar como uma possível fonte de exalação do gás.

Através da análise do Gráfico7, verifica-se que a ventilação não obteve qualquer impacto quanto à diminuição da concentração de gás Radão, sendo esse facto justificado pela ventilação ter sido realizada apenas pela abertura de um vão, não sendo criadas as condições necessárias para a renovação de ar e consequente diminuição da concentração de gás. No que refere aos parâmetros higrotérmicos analisados, verifica-se que o valor médio da temperatura do ar interior, 24°C, se encontra acima do balizamento pretendido para o conforto térmico, 18-22°C. Por sua vez a humidade relativa do ar interior enquadra-se

dentro dos valores expectáveis, apresentando o valor médio de 54,3%, valor compreendido para o intervalo de 50-70%.

Verifica-se que o valor médio para a concentração de dióxido de carbono, 1562,2 mg/m³, se fixa abaixo do valor regulamentar, verificando-se que durante os momentos de maior ocupação do compartimento esse valor praticamente rondou o valor de referência, 2250 mg/m³. Quanto à ocupação do gabinete, através da análise de dados, pode-se afirmar que durante o período compreendido entre 2^a e 5^a feira o compartimento em estudo encontrou-se ocupado e que possivelmente durante 3^a e 4^a feira por pelo menos duas pessoas. Relativamente ao gás monóxido de carbono, o valor médio registado encontra-se abaixo do valor de referência.

Conclui-se que o valor médio da concentração de gás Radão se encontra acima do limite imposto pela legislação nacional, fazendo com que o local não possua as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano mitigador fazendo com que os níveis observados reduzam até ao limite legal. Consequentemente deverá ser melhorado do desempenho térmico das paredes estruturais da construção antiga, visando o incremento da sua eficiência energética.

4.1.8. Amostra H

Através da análise do Gráfico 8 é possível constatar que os resultados referentes à Amostra H registam o valor máximo relativo à concentração de gás Radão de 752,3 Bq/m³, o valor mínimo de 137,7 Bq/m³ e o valor médio de 428,1 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 25 de maio pelas 12:28h e o valor mínimo no dia 20 de maio pelas 11:28h.

A concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

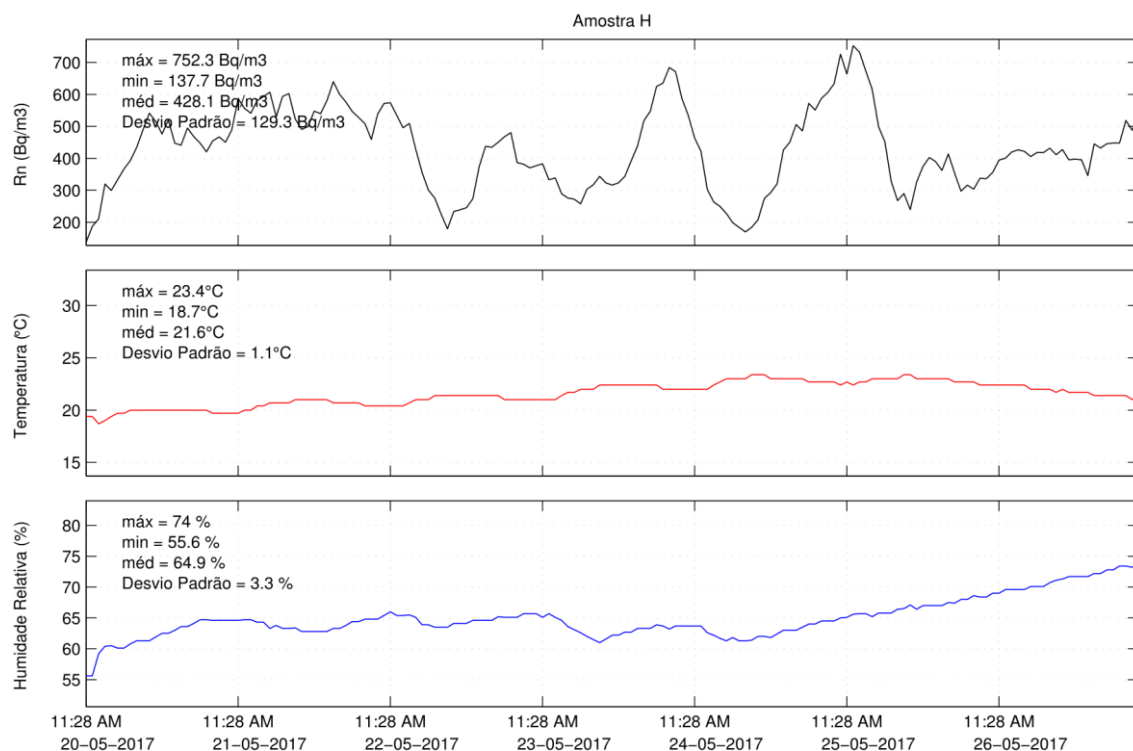


Gráfico 8 - Amostra H (Radão).

Verifica-se que durante os dias 20 e 21 e 26 e 27 de maio a concentração de gás Radão atingiu uma baixa amplitude de valor, obedecendo a um comportamento aproximadamente constante. Durante o dia 22 de maio até dia 25 a concentração de gás Radão comportou-se de forma regular havendo crescimento e decréscimo natural da concentração do gás.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos é possível verificar que a temperatura do ar interior sofre um ligeiro aumento a partir do dia 23 de maio até ao dia 25 e que a humidade relativa do ar interior aumenta a partir de dia 25 de maio.

Tabela 13 - Amostra H (Parâmetros).

Amostra H									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	752,3	137,7	428,1	428,5	327,6	522,9	462,85	459,79	362,15
Humidade relativa (%)	74	55,6	64,9	64,5	63	65,8	65,6	65,05	64,14
Temperatura (°C)	23,4	18,7	21,6	21,4	20,7	22,4	21,64	21,25	21,77

De acordo com a Tabela 13, verifica-se que o maior valor médio da concentração de gás Radão registado por período surge no período entre 0-8h apresentando um valor de 462,85 Bq/m³, seguido pelo período 8-16h com um valor de 459,79 Bq/m³ e por último um valor de 362,15 Bq/m³ durante o período 16-24h. Relativamente à mediana esta apresenta um valor de 428,5 Bq/m³, verificando-se a tendência de valores da Amostra H no 1º Quartil.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos analisados, observa-se que a temperatura do ar interior oscilou entre 23,4°C como valor máximo e 18,7°C como valor mínimo, atingindo um valor médio de 21,6°C. De referir que a humidade relativa do ar interior se fixou num valor máximo de 74%, mínimo de 55,6%, e médio de 64,9%.

No que refere aos valores médios por período da temperatura e humidade relativa do ar interior verifica-se que a temperatura apresenta o valor de 21,64°C durante o período 0-8h, 21,25°C durante o período 8-16h e 21,77°C no período 16-24h. É também possível observar que a humidade relativa do ar interior obteve o valor mais elevado durante o período 0-8h apresentando um valor de 65,60%, seguido de 65,05% durante o período entre 8-16h e de 64,14% no período entre 16-24h.

Os valores observados no Gráfico 8 e na Tabela 13 permitem constatar que o valor de concentração de gás Radão máximo (752,3 Bq/m³) e médio (428,1 Bq/m³) registados no gabinete 309 se encontram acima do limite imposto pela Portaria nº 353-A/2013 e Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM. Comparativamente ao limite legislado em Portugal, verifica-se que 41,3% dos valores registados se situam abaixo do valor referência, encontrando-se os restantes 58,7% acima de 400 Bq/m³.

O gabinete 309 regista um valor médio de concentração de gás Radão 2,4 vezes inferior ao registado no gabinete 305 indicando que esse facto se deve aos fluxos de ar existentes no edifício, criando diferenças de pressão entre as lajes e fazendo com que os valores de concentrações observados possam variar bastante entre si.

Através da análise do Gráfico 8, observa-se que o gás Radão se comporta através de duas formas distintas, durante o período de fim de semana e semanal, concluindo-se desta forma que o efeito da ocupação humana e da ventilação afeta no valor da concentração de gás Radão.

No que refere à temperatura e humidade relativa do ar interior, verifica-se que os valores médios se enquadram dentro do balizamento pretendido, observando-se o valor médio de temperatura do ar interior de 21,6°C e um valor médio de humidade relativa do ar interior de 64,9%.

Conclui-se desta forma que os valores referentes à concentração média de gás Radão registados, fazem com que o gabinete 309 não possua as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contenha medidas mitigadoras, fazendo com que as concentrações observadas reduzam até a pelo menos o limite imposto pela legislação nacional.

4.1.9. Amostra I

Por análise do Gráfico 9 é possível constatar, para a Amostra I, que a concentração de gás Radão atinge um valor máximo de 860,4 Bq/m³, o mínimo de 206,3 Bq/m³ e o valor médio de 492,3 Bq/m³, sendo o valor máximo registado a dia 21 de maio pelas 20:54h e o valor mínimo a dia 22 de maio pelas 12:54h.

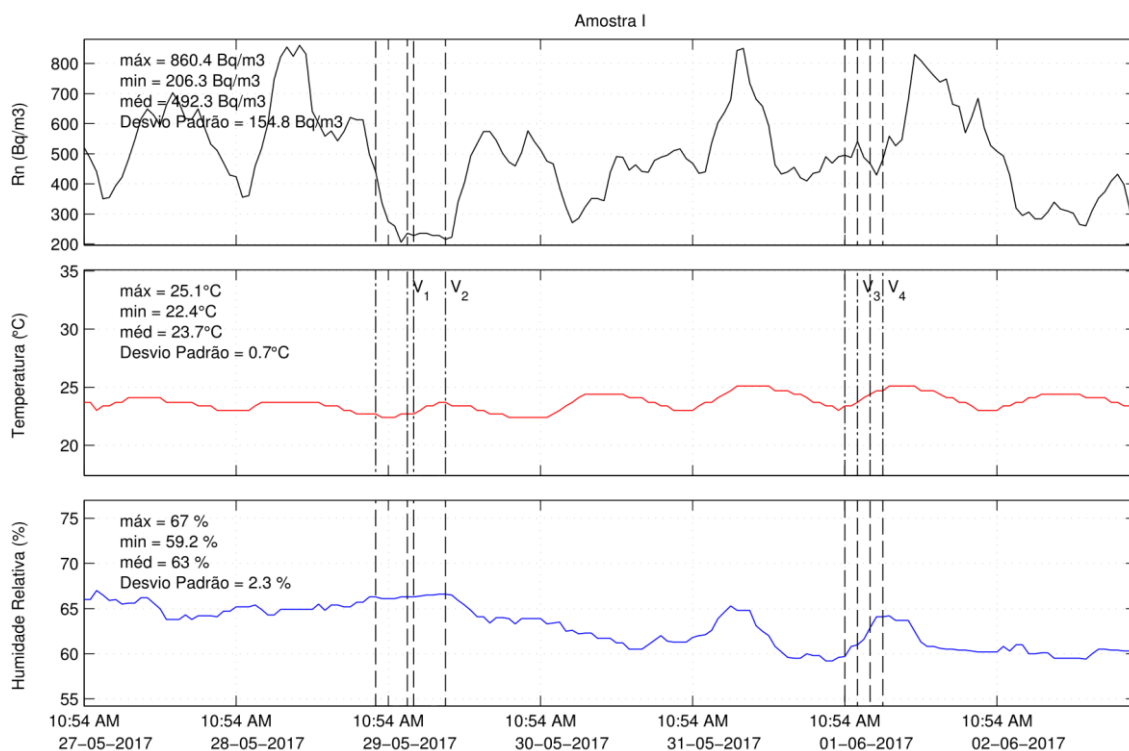


Gráfico 9 - Amostra I (Radão).

Através da verificação gráfica observa-se que os níveis de concentração de gás Radão não se comportam de igual forma e que apenas durante o período correspondente ao de fim de semana, sábado e domingo, se regista um comportamento estável, obedecendo a um ciclo crescente e decrescente. Verifica-se através da ventilação 1 e 2 que a concentração de gás Radão diminuiu, por intermédio renovação de ar criada pelos ocupantes do compartimento.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, a temperatura do ar interior apresenta um comportamento constante, com amplitudes e comprimentos de onda idênticos. Quanto à humidade relativa do ar interior verifica-se uma alteração no valor percentual a partir do dia 31 de maio até ao final do dia 1 de junho, verificando-se uma relação entre a humidade relativa do ar interior e humidade relativa exterior.

Tabela 14 - Amostra I (Parâmetros).

Amostra I									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	860,4	206,3	492,3	487,7	387,3	593,4	521,78	429,24	524,03
Humidade relativa (%)	67	59,2	63	63,5	60,5	64,9	62,12	63,38	63,49
Temperatura (°C)	25,1	22,4	23,7	23,7	23	24,1	23,53	23,26	24,26

Através da análise da Tabela 14 verifica-se que a concentração de gás Radão por período apresenta o valor mais elevado durante o período 16-24h com um valor de 524,03 Bq/m³, seguido do período 0-8h com um valor de 521,78 Bq/m³ e por último um valor de 429,24 Bq/m³ durante o período 8-16h. A mediana apresenta um valor de 487,7 Bq/m³ verificando-se a tendência de valores da Amostra I no 3º quartil.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, através da leitura da Tabela 14 verifica-se que a temperatura atingiu um valor máximo de 25,1°C, mínimo de 22,4°C e um valor médio de 23,7°C. No que refere à humidade relativa do ar interior, registou-se um valor percentual máximo de 67%, mínimo de 59,2% e médio de 63%.

No que concerne à análise realizada através dos valores médios por período, a temperatura do ar interior regista um valor de 24,26°C durante o período 16-24h, seguido do período entre as 0-8h com um valor de 23,53°C e entre as 8-16h verifica-se a temperatura de 23,26°C. A humidade relativa do ar interior registou o valor mais elevado durante o período entre as 16-24h com um valor de 63,49%, seguido de 63,38% durante o período entre 8-16h e de 62,12% durante o período das 0-8h.

Os valores observados através do Gráfico 9 e da Tabela 14 permitem constatar que a Amostra I registou um valor médio de 492,3 Bq/m³, valor acima do valor referência segundo a Portaria nº 353-A/2013 e Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM. Estes factos merecem real destaque, pois existem estudos que demonstram que a presença de gás Radão em edifícios aumenta significativamente o risco de contrair cancro de pulmão, de 8% a 16%, por cada 100Bq/m³ de aumento de concentração. [34] [35]

Verifica-se que 12,5% dos valores da concentração de gás Radão acima de 400 Bq/m³ são registados durante o período das 8-16h, indicando que durante o período de utilização do espaço os valores tendem a ser menores e consequentemente regulamentares. Por sua vez a percentagem menor surge durante o período entre as 8-16h apresentando um valor de 75%, indicando que durante o horário de aulas a sala garante níveis de concentração abaixo do regulamentar. Posto isto, constata-se que o valor médio por período reforça a anterior explicação, verificando-se o menor valor durante o período entre as 8-16h com o valor de 429,24 Bq/m³.

É possível verificar através da ventilação 1 e 2 a relação direta entre a renovação de ar e a diminuição da concentração de gás Radão, observando-se esse facto devido ao tipo de ventilação realizada, abertura de pelo menos 2 vãos, destacando-se o impacto que a ocupação humana e a ventilação podem ter na diminuição da concentração de gás Radão.

Quanto aos parâmetros higrotérmicos monitorizados, observa-se que a temperatura média do ar interior se fixou em 23,7°C, valor acima do balizamento pretendido, e que o valor médio referente à humidade relativa do ar interior se encontra em conformidade, apresentando um valor de 63%, valor abaixo de 70%.

Conclui-se que o compartimento monitorizado (Amostra I) não possui as condições de qualidade do ar interior pretendidas no que refere aos níveis de

concentrações de gás Radão observados, sendo necessário iniciar um processo que implemente medidas mitigadoras de redução de concentrações do gás Radão para níveis inferiores ao valor de referência nacional.

Consequentemente deverá ser realizado um estudo e propostas soluções de forma a efetuar melhorias no que refere à qualidade do ar interior, mais precisamente ao nível dos parâmetros higrotérmicos monitorizados.

4.1.10. Amostra J

Através da análise do Gráfico 10 é possível apurar, para a Amostra J, que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 868,10 Bq/m³, o valor mínimo de 199,60 Bq/m³ e o valor médio de 518,2 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 2 de junho pelas 5:30h e o valor mínimo no dia 31 de maio pelas 16:30h.

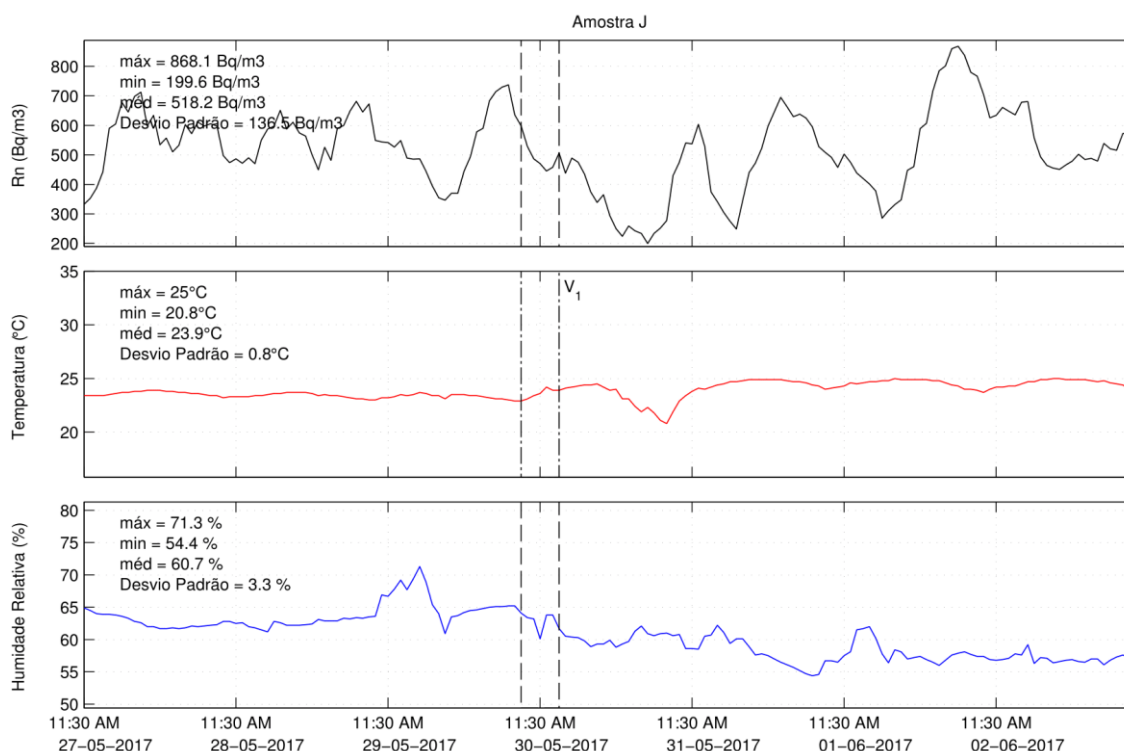


Gráfico 10 - Amostra J (Radão).

É possível verificar que a concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo, observando-se um comportamento padronizado da concentração do gás Radão entre o dia 27 e 29

de maio, destacando-se o efeito da ocupação humana no valor da concentração de gás Radão.

Tal como verificado através das amostras anteriores, os valores máximos de concentração de gás Radão registam-se durante o período da madrugada.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos analisados, a temperatura do ar interior apresenta um valor máximo de 25°C, mínimo de 20,8°C e médio de 23,9°C, registando-se uma humidade relativa do ar interior com um valor máximo de 71,3%, mínimo de 54,4% e médio de 60,7%.

Importante salientar o decréscimo da humidade relativa do ar interior a partir de dia 30 de maio, coincidindo com o período de ocupação do compartimento em estudo.

Tabela 15 - Amostra J (Parâmetros).

Amostra J									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	868,1	199,6	518,2	520,5	445	604,7	565,53	517,25	471,72
Humidade relativa (%)	71,3	54,4	60,7	64,6	61,8	66,7	60,04	61,42	60,53
Temperatura (°C)	25	20,8	23,9	23	22,7	23,7	23,72	23,71	24,24
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1856	781	879,4	Dióxido de carbono (mg/m³)			3340,8	1405,8	1582,92
Monóxido de carbono (ppm)	1,5	0,1	0,2	Monóxido de carbono (mg/m³)			1,72	0,11	0,11

Através da análise da Tabela 15, verifica-se que os valores da média por período referentes à concentração do gás Radão registam o maior valor durante o período entre as 0-8h com um valor de 565,53 Bq/m³, seguido do período entre as 8-16h com um valor de 517,25 Bq/m³ e por último durante o período 16-24h com valor fixado em 471,72 Bq/m³. A mediana apresenta um valor de 520,5 Bq/m³ mostrando um predomínio de valores registados pela Amostra J no 3º Quartil.

No que refere às concentrações de dióxido e monóxido de carbono, o valor máximo registado da concentração de dióxido de carbono foi de 1856 ppm/3340 mg/m³, o mínimo de 781 ppm/1405 mg/m³ e o valor médio de 879,4 ppm/1582,8 mg/m³. A monitorização do monóxido de carbono apresenta um

valor máximo de 1,5 ppm/1,7 mg/m³, o valor mínimo de 0,1 ppm/0,1 mg/m³ e médio de 0,2 ppm/0,1 mg/m³.

Relativamente aos valores da média por período referentes aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se através da Tabela 15 que a temperatura do ar interior atingiu um valor médio de 23,72°C durante o período 0-8h, 23,71°C durante o período 8-16h e 24,24°C no período 16-24h. A humidade relativa do ar interior obteve durante o período 0-8h o valor de 60,04%, no período 8-16h o valor de 61,42% e no período das 16-24h atingiu a percentagem de 60,53%.

Os valores observados no Gráfico 10 e na Tabela 15 permitem apurar que a concentração de gás Radão apresenta um valor médio de 518 Bq/m³, superior em 118,2 Bq/m³ o valor referência segundo a Portaria nº353-A/2013 e em 218,2 Bq/m³ comparativamente à Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM.

Por outro lado, o valor médio registado durante o período de utilização do compartimento, realizado através do valor médio por período, equipara-se ao valor médio 24h, fixando-se em 517,25 Bq/m³ durante o intervalo 8-16h. Desta forma, conclui-se que embora os valores máximos observados durante as medições não tenham sido registados na sua maioria durante o período de utilização do espaço, o valor médio verificado durante esse intervalo é de 117,25Bq/m³ acima do valor referência segundo a Portaria nº353-A/2013, 400Bq/m³.

Através da verificação gráfica conclui-se que durante os dias 27,28 e 29 o compartimento manteve uma atmosfera controlada, isto é, não houve renovação de ar nem diferenciais de pressão, observando-se o comportamento do gás Radão de forma linear, verificando-se a partir de dia 30 um comportamento diferente, havendo valores superiores e inferiores com amplitudes e comprimentos de onde diferenciados, justificando-se o efeito observado pela ocupação humana do compartimento.

Através da análise dos parâmetros higrotérmicos registados conclui-se que a humidade relativa do ar interior se enquadra dentro do balizamento de valores que conferem o conforto térmico do compartimento e que a temperatura média observada regista um valor de 23,9°C, encontrando-se 1,9°C acima do limite pretendido.

Relativamente às concentrações de dióxido e monóxido de carbono, a referir o facto de o valor máximo registado relativamente ao dióxido de carbono

ter ultrapassado o valor de referência nacional, 2250mg/m^3 , sendo o valor detetado de $3340,8\text{mg/m}^3$, justificando-se pela excessiva lotação do compartimento em estudo. Paralelamente ao valor máximo detetado, verifica-se que o valor médio registado se enquadra dentro do parâmetro legal segundo a Portaria nº 353-A/2013.

Através da análise estatística e gráfica, observou-se a existência de ocupação do compartimento durante o dia 29 e 30 de maio, bem como no dia 2 de junho. Assim sendo, observa-se que a dimensão da turma não será a mesma, registando-se valores compreendidos entre $1003\text{ ppm}/1805,4\text{ mg/m}^3$ e $1856\text{ ppm}/3340,8\text{ mg/m}^3$. Quanto às concentrações de monóxido de carbono monitorizadas, registam-se valores enquadrados nos limites legais, justificando-se esse facto através da inexistência de fogões a gás, caldeiras, aquecedores em funcionamento, ou até mesmo fumo de tabaco.

Conclui-se que o compartimento monitorizado (Amostra J) apresenta concentrações médias de gás Radão elevadas, não possuindo as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados reduzam até ao valor limite imposto pela legislação nacional. Consequentemente deverá ser melhorado o desempenho térmico das paredes estruturais da construção antiga, visando o incremento da sua eficiência energética

4.1.11. Amostra K

Amostra K divide-se nas subamostras K1 e K2, localizadas em locais opostos do compartimento em estudo, gabinete técnico.

O Gráfico 11 apresenta os resultados referentes à subamostra K1, instalada na parte interior do gabinete técnico, onde é possível constatar que a concentração de gás Radão atingiu o valor máximo de $607,7\text{ Bq/m}^3$, o mínimo de $69,5\text{ Bq/m}^3$ e o médio de $289,7\text{ Bq/m}^3$, sendo registado o valor máximo no dia 10 de junho pelas 10:30h e o valor mínimo no dia 9 de junho pelas 16:30h.

Através da análise gráfica verifica-se que a concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do

período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

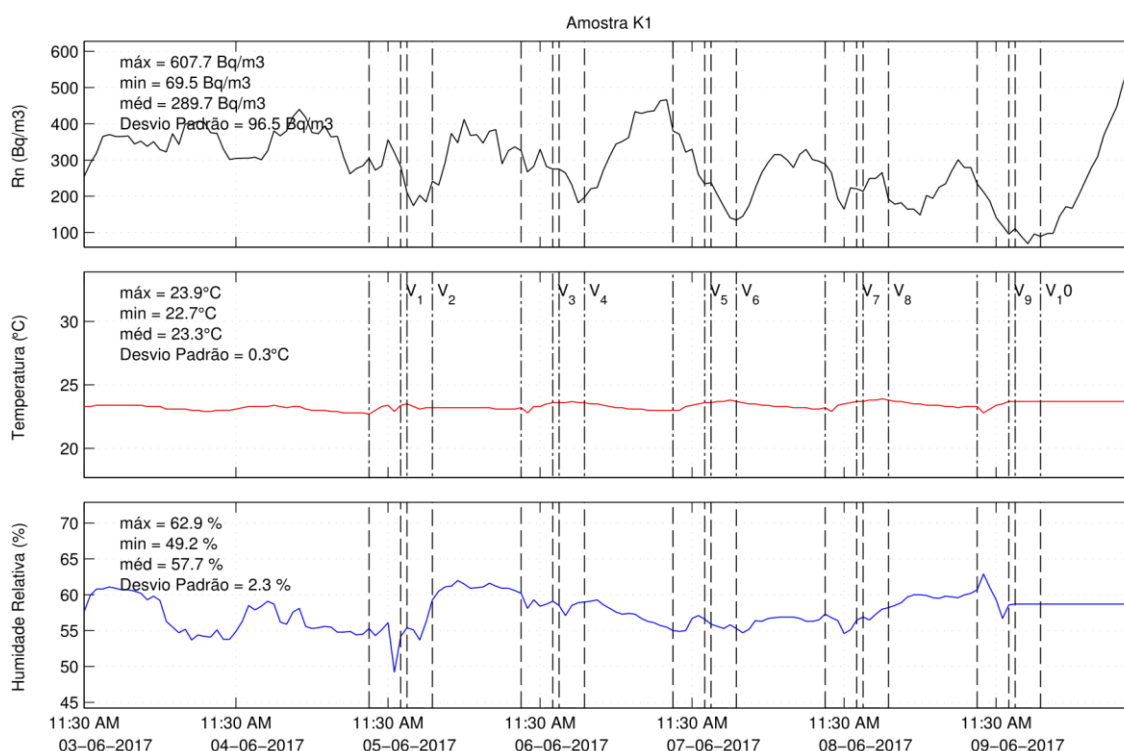


Gráfico 11 - Amostra K1 (Radão).

Constata-se que os maiores valores se registam maioritariamente durante o período de madrugada e que em sentido inverso os de menor valor se verificam durante o período tarde/noite.

Através da análise do Gráfico 11, subamostra K1, observa-se que o efeito da ventilação não contribui para a diminuição da concentração do gás Radão, verificando-se esse facto através das ventilações 1,3,7 e 8, onde é possível verificar o aumento do valor da concentração do gás Radão.

O Gráfico 12 apresenta os resultados referentes à subamostra K2, instalada interiormente junto à parede orientada a sul, onde se registou o valor máximo referente à concentração de gás Radão de 740,7 Bq/m³, o mínimo de 144,5 Bq/m³ e o valor médio de 467,3 Bq/m³, sendo registado o valor máximo no dia 8 de junho pelas 7:31h e que o valor mínimo no dia 9 de junho pelas 12:31h.

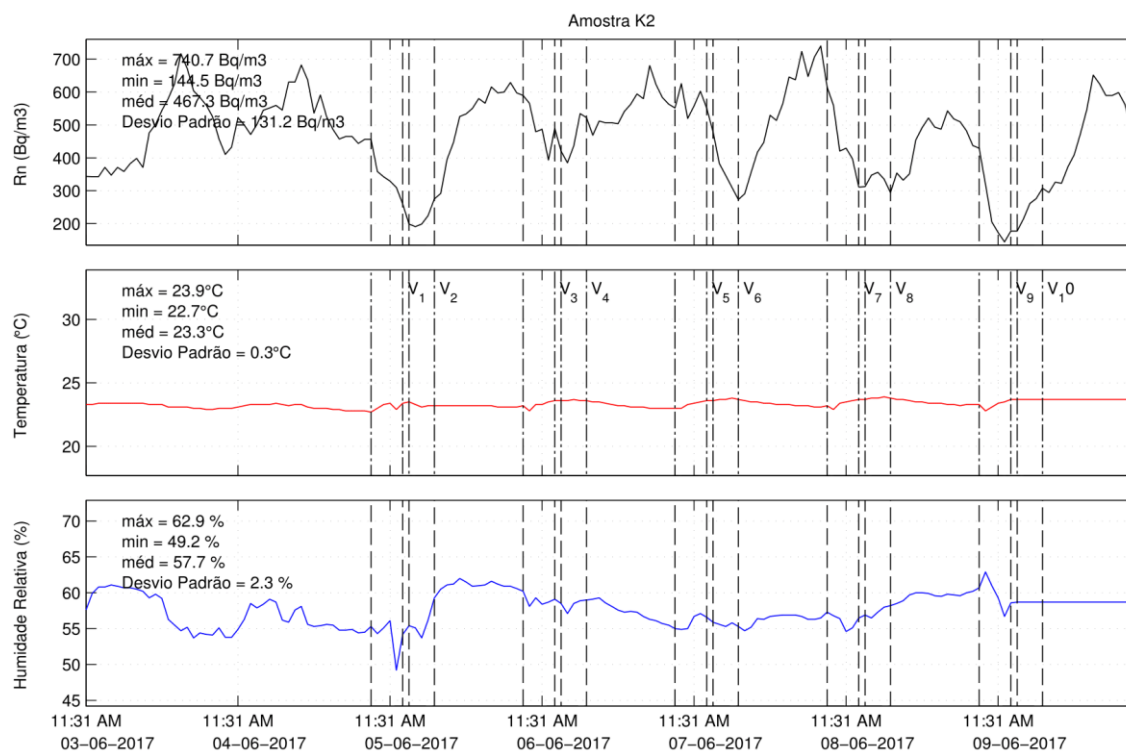


Gráfico 12 - Amostra K2 (Radão).

É possível observar o aumento da concentração de gás Radão através das ventilações 2,4,5,8 e 10, simultaneamente ao processo de ventilação efetuado.

Tabela 16 - Amostra K (Parâmetros).

Amostra K									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³) - K1	607,7	69,5	289,7	297	222,9	364,9	338,83	267,2	276,6
Concentração de Radão (Bq/m³) -K2	740,7	144,5	467,3	487,6	358,6	563,5	570,86	406,6	437,58
Humidade relativa (%)	62,9	49,2	57,5	64,1	62,9	65,9	64,61	63,42	64,45
Temperatura (°C)	23,9	22,7	23,3	21,4	21,4	21,7	21,31	21,49	21,64
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	850	762	791	Dióxido de carbono (mg/m³)			1530	1371,6	1423,8
Monóxido de carbono (ppm)	0,5	0,1	0,14	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,6	0,1	0,2

De acordo com a Tabela 16, constata-se que os valores médios por período da concentração de gás Radão registados pela subamostra K1, fixaram-

se em 338,83 Bq/m³ durante o período compreendido entre 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 267,20 Bq/m³ e por último, no período entre 16-24h com o valor de 276,6 Bq/m³. Relativamente à subamostra K2 obteve-se o valor mais elevado durante o período 0-8h com um valor de 570,86 Bq/m³, seguido do período 16-24h com um valor de 437,58 Bq/m³ e por último um valor de 406,6 Bq/m³ durante o período 8-16h.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, registou-se a temperatura do ar interior máxima de 23,9°C, mínima de 22,7°C e média de 23,3°C, quanto à humidade relativa do ar interior, obteve-se o valor máximo de 62,9%, mínimo de 49,2% e médio de 57,5%.

Os valores médios por período, registam a temperatura de 21,31°C durante o período 0-8h, 21,49°C durante o período 8-16h e durante o período 16-24h regista-se a temperatura de 21,64° C. Relativamente à humidade relativa do ar interior, durante o período 0-8h verifica-se o valor percentual de 64,61%, entre o período 8-16h o valor fixa-se em 63,42% e durante o período 16-24h a percentagem é de 64,45%.

No que concerne ao gás dióxido de carbono o valor máximo registado foi de 850 ppm/1530 mg/m³, o mínimo de 762 ppm/1371,6 mg/m³ e o valor médio de 791 ppm/1423,8 mg/m³. A monitorização da concentração de monóxido de carbono registou o valor máximo de 0,5 ppm/0,6 mg/m³, o valor mínimo de 0,1 ppm/0,1 mg/m³ e o valor médio de 0,14 ppm/0.2 mg/m³.

Os valores observados nos Gráficos 11 e 12 e na Tabela 16 permitem constatar que o valor médio de concentração de gás Radão observado apresenta uma discrepância de valores entre as duas subamostras, apresentando a subamostra K1 um valor médio de 289,7 Bq/m³, em conformidade com a Portaria nº 353-A/2013, e a subamostra K2 um valor médio de 467,3 Bq/m³ em desconformidade com a mesma.

Através da verificação dos valores médios analisados apura-se que a exalação do gás Radão é mais intensa junto da janela existente na fachada orientada a sul. Desta forma, as diferenças de pressão criadas entre a laje de pavimento e a parede exterior poderão justificar esse efeito.

Segundo observação gráfica é possível verificar que as concentrações de gás Radão registadas através da subamostra K1 e K2 se comportam de forma idêntica, embora com intensidades diferentes, justificando-se esse efeito através

da permeabilidade existente entre a união do elemento vertical e horizontal, aumentando desta forma o impacto que a diferença de pressão interior e exterior poderá provocar nos níveis observados. É possível verificar que o efeito gerado pela ventilação não reduziu a concentração de gás Radão no compartimento em estudo, sendo esse facto verificado através da consulta das ventilações realizadas através das subamostras K1 e K2. Assim sendo, conclui-se que a ventilação não se processou de forma adequada, não havendo a renovação de ar necessária para que a redução substancial da concentração de gás Radão se fizesse sentir.

Importante referir que a diferença de valores de concentração de gás Radão observada entre as subamostras, de aproximadamente 200 Bq/m³, revela uma elevada variação de valor relativamente ao espaçamento entre sondas. Assim sendo, verifica-se que a colocação de apenas uma sonda por local, poderá fornecer um valor erróneo relativamente à concentração média por compartimento, devendo nos casos em que haja pelo menos 2 sondas diluir as médias de valor registadas através da realização da média entre ambas.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos monitorizados verifica-se que a humidade relativa se encontra dentro balizamento pretendido e a temperatura do ar interior se encontrar acima do intervalo esperado em 1,3°C.

No que respeita aos restantes parâmetros instrumentados, dióxido e monóxido de carbono, conclui-se que o gabinete técnico não ultrapassa os limites legais segundo a Portaria nº 353-A/2013, que fixa o valor referência em 2250 mg/m³ e 10 mg/m³ respetivamente.

Conclui-se que o compartimento monitorizado (Amostra K) apresenta todos os parâmetros analisados, como adequados, à luz dos limites impostos pela legislação nacional, bem como para o conforto térmico expectável.

4.1.12. Amostra L

A Amostra L divide-se nas subamostras L1 e L2, localizadas de forma oposta no compartimento em estudo, secretaria.

O Gráfico 13 apresenta os resultados referentes à subamostra L1 instalada no interior do compartimento junto à janela orientada a sul, onde é

possível apurar que a concentração de gás Radão registou um valor máximo de 898,7 Bq/m³, valor mínimo de 186,2 Bq/m³ e o valor médio de 505,3 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 4 de junho pelas 12:55h e o valor mínimo a dia 9 de junho pelas 10:55h.

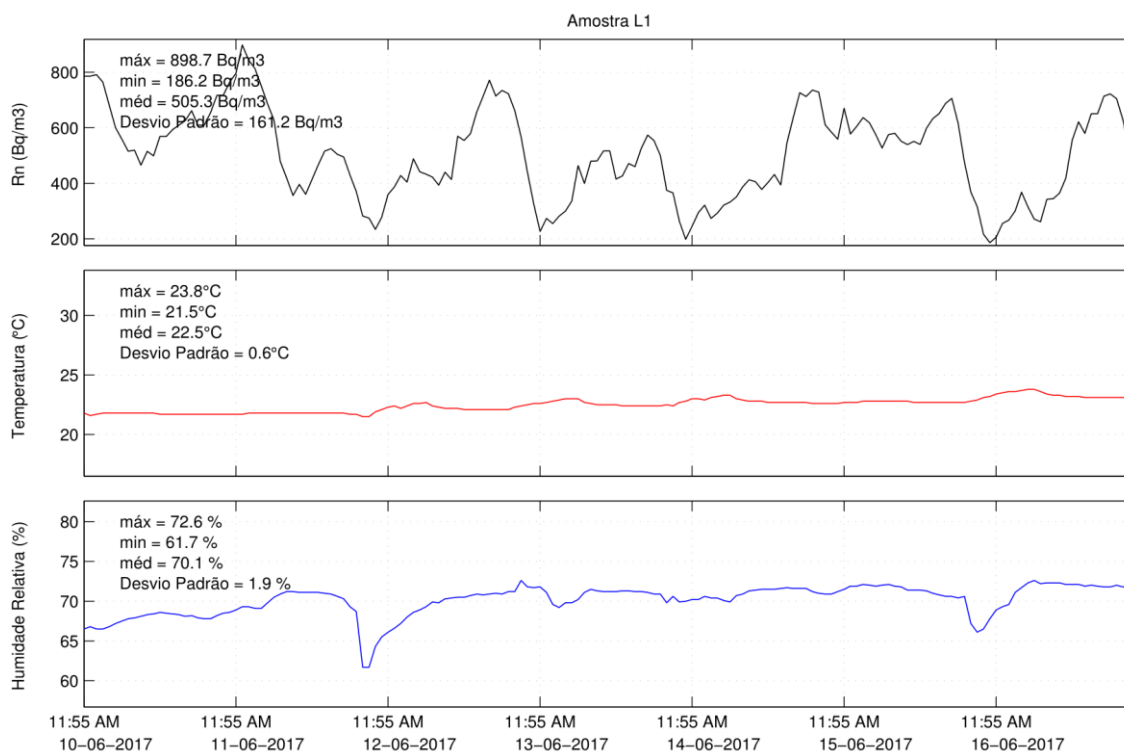


Gráfico 13 - Amostra L1 (Radão).

Observa-se que durante o período de madrugada são registados os valores de maior concentração de gás Radão e que os valores de menor concentração se verificam tendencialmente durante o período da manhã.

Relativamente à relação entre a humidade relativa do ar interior e a concentração de gás Radão, observa-se durante o dia 12 e 16 de junho um decréscimo de concentração e consequente diminuição da humidade relativa do ar interior.

O Gráfico 14 apresenta os resultados referentes à subamostra L2 instalada em zona interior junto à parede, onde é possível observar que a concentração de gás Radão atinge um valor máximo de 1005,4 Bq/m³, mínimo de 107,4 Bq/m³ e um valor médio de 486,1 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 3 de junho pelas 22:56h e o valor mínimo no dia 5 de junho pelas 10:56h.

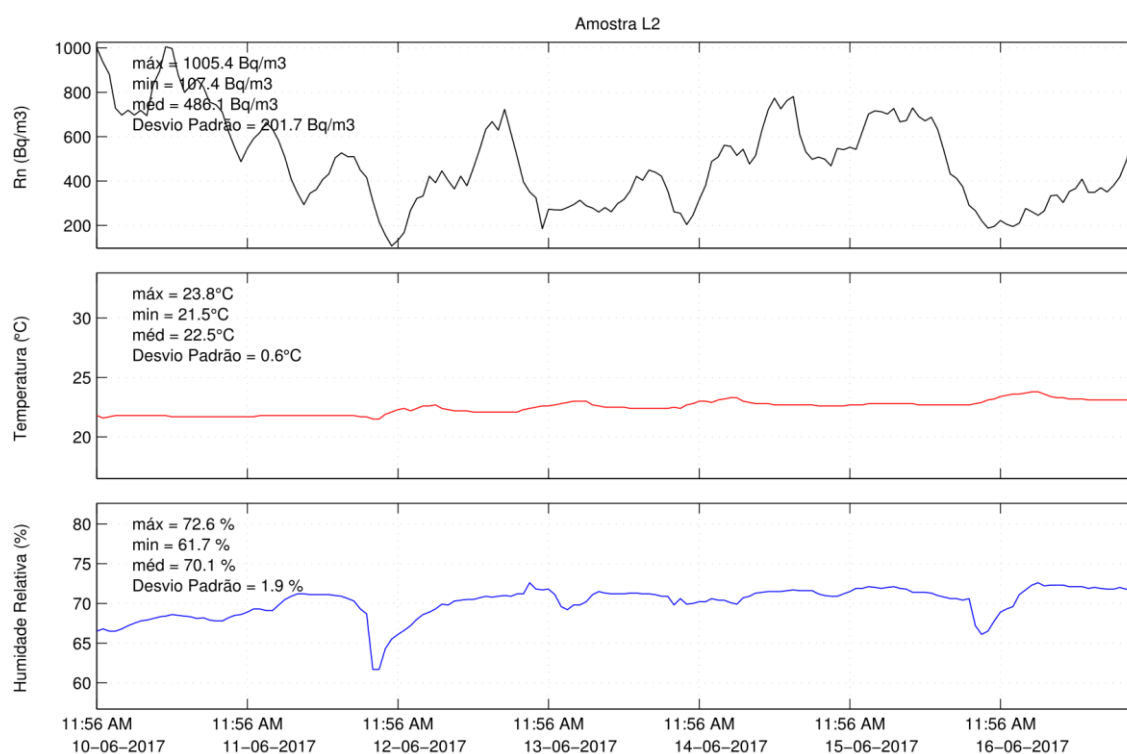


Gráfico 14 - Amostra L2 (Radão).

A análise do Gráfico 14, da subamostra L2, permite verificar que durante os períodos de madrugada se registam os valores de maior concentração de gás Radão e que os valores de menor concentração se verificam durante o período da manhã tal como anteriormente constatado através da subamostra L1.

No que concerne à relação entre a humidade relativa do ar interior e a concentração de gás Radão, observa-se que durante o dia 12 e 16 de junho existe um decréscimo de concentração e consequente diminuição da humidade relativa do ar interior, efeito também verificado através da subamostra L1.

Tabela 17 - Amostra L (Parâmetros).

Amostra L									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- L1	898,7	186,2	505,3	515,8	375,1	626,1	587,43	471,1	456,66
Concentração de Radão (Bq/m³)-L2	1005,4	107,4	486,1	457,3	321,5	633	527,71	426,63	502,96
Humidade relativa (%)	72,6	61,7	70,1	76,7	74,7	78	70,42	69,27	70,66
Temperatura (°C)	23,8	21,5	22,5	20,4	20	20,7	22,35	22,53	22,54
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1301	760	929,7	Dióxido de carbono (mg/m³)			2341,8	1368	1673,5
Monóxido de carbono (ppm)	1,2	0,1	0,4	Monóxido de carbono (mg/m³)			1,4	0,1	0,5

De acordo com a Tabela 17 verifica-se que os valores da média por período referentes à concentração de gás Radão da subamostra L1 se fixam no valor de 587,43 Bq/m³ durante o período 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 471,10 Bq/m³ e o período 16-24h apresenta um valor de 456,66 Bq/m³. A mediana apresenta um valor de 515,8 Bq/m³ verificando-se um predomínio dos valores da subamostra L1 no 1º Quartil. Relativamente à subamostra L2 observa-se um valor de 527,71 Bq/m³ durante o período 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 426,63 Bq/m³ e por último durante o período 16-24h registou-se o valor de 502,96 Bq/m³, verificando-se um valor da mediana obtido de 457,3 Bq/m³ mostrando uma tendência dos valores da subamostra L2 no 3º Quartil.

No que refere ao dióxido de carbono o valor máximo registado foi de 1031 ppm/2341,8 mg/m³, o mínimo 760 ppm/1368 mg/m³ e o valor médio de 929,7 ppm/1673,5 mg/m³. A monitorização da concentração de monóxido de carbono registou um valor máximo de 1,2 ppm/1,4 mg/m³, mínimo de 0,1ppm/0,1 mg/m³ e médio de 0,4 ppm/0,5 mg/m³.

A Amostra L registou um valor máximo da temperatura do ar interior de 23,8°C, mínimo de 21,5°C e médio de 22,5°C. Em relação à humidade relativa do ar interior obteve-se como valor máximo 72,6%, mínimo 61,7% e médio de 70,1%.

Relativamente ao valor médio por período referente aos parâmetros higrotérmicos, registou-se a temperatura de 22,35°C durante o período 0-8h, 22,53°C durante o período 8-16h e 22,54°C no período 16-24h, a humidade relativa do ar interior regista o valor de 70,42% durante o período 0-8h, 69,27% durante o período 8-16h e a percentagem de 70,66% durante o período das 16-24h.

Importante referir que à data da monitorização não foram contabilizados os períodos de ventilação pelos ocupantes.

Os valores observados nos Gráficos 13 e 14 e na Tabela 17 permitem constatar através as subamostras L1 e L2 que os valores da concentração de gás Radão registam um comportamento análogo.

As subamostras L1 e L2 registam concentrações de gás Radão máximas acima do valor de referência segundo a legislação nacional que regula o valor limite para a concentração de gás Radão em 400 Bq/m³, verificando-se que as

subamostras L1 e L2 apresentam um valor de 2.25 e 2.51 vezes superior ao limite.

No que refere aos valores médios por amostra, a subamostra L1 apresenta um valor de 505,3 Bq/m³ e a subamostra L2 um valor de 486,1 Bq/m³ encontrando-se ambas acima do valor de referência segundo a Portaria nº 353-A/2013 e a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM.

Tal como observado através das subamostras K1 e K2, verifica-se que a sonda colocada junto à parede que confronta com o exterior apresenta valores superiores à sonda que foi colocada junto à parede localizada na zona central do compartimento, justificando-se esse efeito através da permeabilidade existente entre a união do elemento vertical e horizontal, aumentando desta forma o impacto que a diferença de pressão interior e exterior poderá provocar nos níveis observados.

No que respeita aos valores higrotérmicos analisados, as subamostras L1 e L2 apresentam- valores médios um pouco acima dos valores que limitam o conforto térmico pretendido, com o valor médio da temperatura do ar interior a fixar-se em 22,5°C, superior ao balizamento 18-20°C, e a humidade relativa do ar interior a apresentar um valor médio de 70,1%, superior ao intervalo de 50-70%.

Em relação à concentração média de dióxido e monóxido de carbono verifica-se que os valores se encontram abaixo dos valores limite segundo a Portaria nº 353-A/2013, sendo registado um valor médio para a concentração de dióxido de carbono de 1673,5mg/m³, abaixo de 2250mg/m³, e para a concentração de monóxido de carbono um valor de 0,5mg/m³, abaixo de 10 mg/m³.

Conclui-se que os níveis de concentração de gás Radão, dióxido e monóxido de carbono se encontram adequados, à luz dos limites impostos pela legislação nacional. No que refere aos parâmetros higrotérmicos, temperatura e humidade relativa do ar interior deverá ser melhorado o desempenho térmico das paredes estruturais da construção antiga, visando o incremento da sua eficiência energética bem como a elaboração de uma solução visando a diminuição dos índices de humidade relativa.

4.1.13. Amostra M

A Amostra M divide-se nas Subamostras M1 e M2, localizadas de forma oposta no compartimento em estudo, gabinete 305.

O Gráfico 15 apresenta os resultados referentes à subamostra M1, instalada na parte interior do gabinete 305 junto à janela, onde é possível constatar que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 3303,2 Bq/m³, o valor mínimo de 209,8 Bq/m³ e o valor médio de 1478,1 Bq/m³, sendo registado o valor máximo no dia 18 de junho pelas 13:13h e o valor mínimo no dia 23 de junho pelas 14:13h.

Através da análise gráfica verifica-se que a concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana (com e sem ocupação), de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana (sem utilização), dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

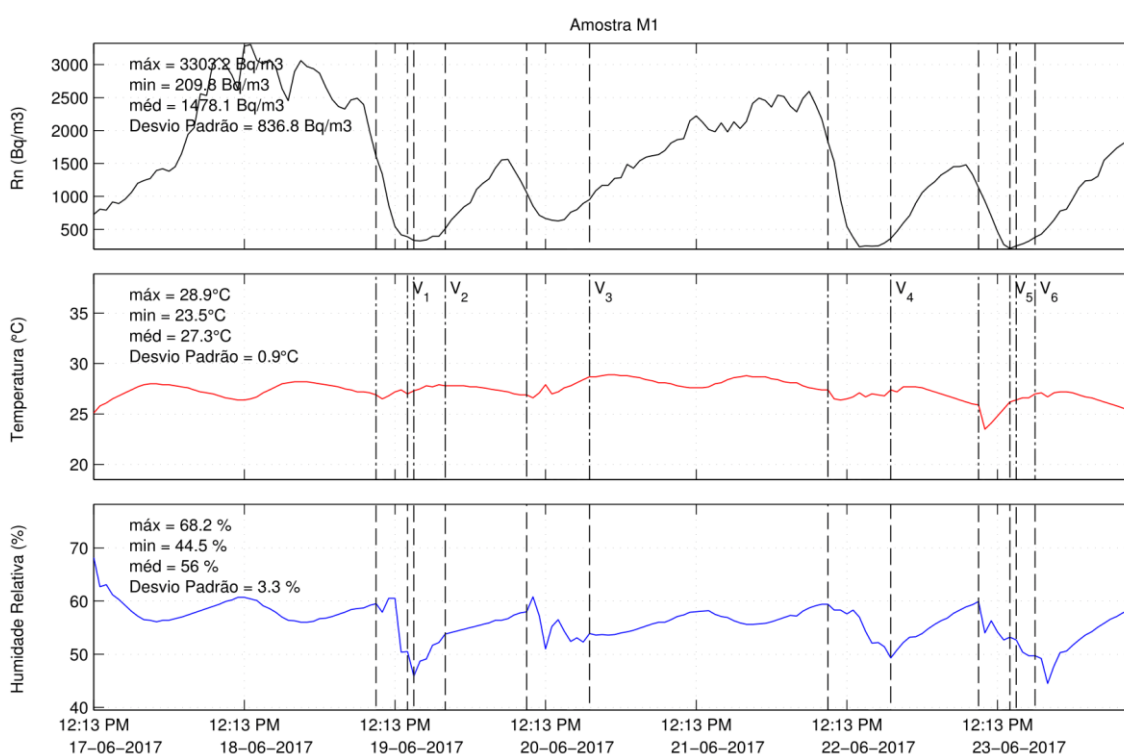


Gráfico 15 - Amostra M1 (Radão).

Assim sendo, verifica-se que durante o período de dia 17 de junho pelas 12:13h até ao dia 19 de junho pelas 17:13h e de dia 20 de junho pelas 14:13h

até 22 de junho pelas 16:13 h o compartimento não se encontrou ocupado, observando-se níveis elevados de concentração de gás Radão. Durante o dia 19 de junho pelas 16:13h até ao dia 20 de junho pelas 14:13h e de dia 22 de junho pelas 16:13h até ao dia 23 de junho pelas 14:13h verifica-se a redução significativa dos valores da concentração do gás Radão.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos analisados observa-se um comportamento linear da temperatura e humidade relativa do ar interior, verificando-se que através da ventilação efetuada os valores alteram, como pode ser observado através das ventilações 1,3,4 e 6, diminuindo os níveis de humidade relativa do ar interior e aumentando consequentemente a temperatura interior do compartimento.

O Gráfico 16 apresenta os resultados referentes à subamostra M2 instalada interiormente junto à porta do gabinete 305.

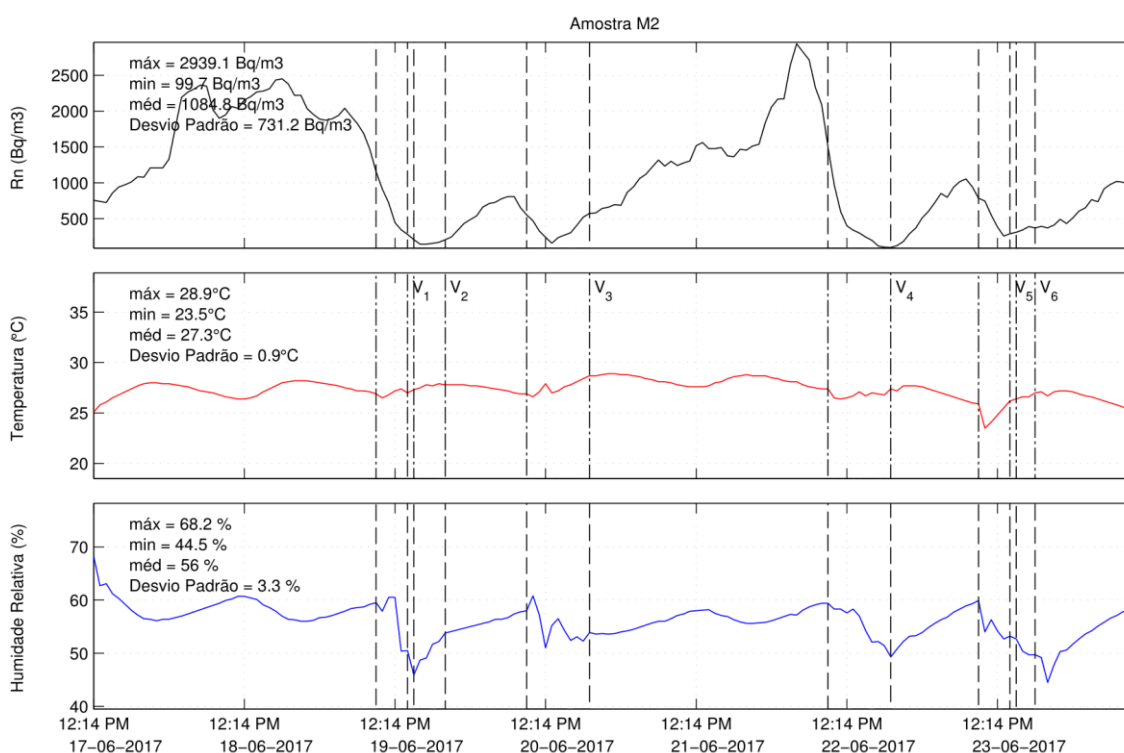


Gráfico 16 - Amostra M2 (Radão).

Através da análise do Gráfico 16 é possível verificar que a concentração de gás Radão atinge um valor máximo de 2939,1 Bq/m³, o valor mínimo de 99,7 Bq/m³ e o valor médio de 1084,8 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 22 de junho pelas 4:14h e o valor mínimo no dia 22 de junho pelas 19:14h.

Tabela 18 - Amostra M (Parâmetros).

Amostra M									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- M1	3303,2	209,8	1478,1	1382,7	793,2	2139	1789,09	1384,98	1258,54
Concentração de Radão (Bq/m³)-M2	2939,1	99,7	1084,8	937,3	445,3	1562,6	1395,92	968,84	887,59
Humidade relativa (%)	68,2	44,5	56	59,1	56,5	61,4	56,45	57,63	53,84
Temperatura (°C)	28,9	23,5	27,3	26,4	26,1	27,1	27,48	26,64	27,82
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1012	753	840,1	Dióxido de carbono (mg/m³)			1821,6	1355,4	1512,2
Monóxido de carbono (ppm)	0,2	0,1	0,1	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,23	0,11	0,11

De acordo com a Tabela 18 verifica-se que os valores da média por período referentes à concentração de gás Radão da subamostra M1 registam durante o período das 0-8h o valor de 1789,09 Bq/m³, seguido do período 8-16h com um valor de 1384,98 Bq/m³ e por último durante o período das 16-24h o valor de 1258,54 Bq/m³. A mediana apresenta um valor de 1382,7 Bq/m³ verificando-se uma tendência dos valores da subamostra M1 no 3º Quartil.

No que refere à subamostra M2 os valores referentes à concentração de gás Radão registados para a média por período fixam-se em 1395,92 Bq/m³ durante o período 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 968,84 Bq/m³ e por último período 16-24h com um valor de 887,59 Bq/m³, registando-se a mediana com um valor de 937,3 Bq/m³, mostrando a tendência dos valores da amostra no 3º Quartil.

A respeito dos parâmetros higrotérmicos, a temperatura do ar interior máxima atingiu os 28,9°C, a mínima os 23,5°C, sendo a média observada de 27,3 ° C, quanto à humidade relativa do ar interior obteve-se o valor máximo de 68,2%, mínimo de 44,5% e médio de 56%.

A Amostra M registou uma concentração máxima de dióxido de carbono de 1012 ppm/1821,6 mg/m³, mínimo de 753 ppm/1355,4 mg/m³ e médio de 840,1 ppm/1512,2 mg/m³. No que respeita à monitorização de monóxido de carbono o valor máximo registado foi de 0,2 ppm/0,2 mg/m³, o valor mínimo de 0,1 ppm/0,1 mg/m³ e médio de 0,1 ppm/0,1 mg/m³.

As subamostras M1 e M2 são referentes à monitorização do gabinete 305, local onde se registaram as maiores concentrações de gás Radão durante a 1ª fase de medições. Importa referir que a monitorização do local marcou a mudança da estação do ano, passando de Primavera para Verão.

Os valores observados nos Gráficos 16 e 17 e na Tabela 18 permitem constatar que o valor médio da concentração de gás Radão referente à subamostra M1 regista um valor de 1478,1 Bq/m³ sendo 3.70 vezes superior ao valor de referência, verificando-se um valor inferior para a subamostra M2 registando um valor de 1084,8 Bq/m³ sendo 2.71 vezes superior ao valor referenciado pela Portaria nº 353-A/2013.

Importante referir que o compartimento em estudo possui uma área de aproximadamente 20 m² e volumetria de 68 m³, tendo sido colocadas as sondas à distância de aproximadamente 4m. Assim sendo, através dos valores médios anteriormente descritos verifica-se a diferença de 393,3 Bq/m³ entre subamostras, um valor substancial comparativamente ao valor limite segundo a legislação nacional, sendo superior a 300 Bq/m³, valor de referência segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM.

Conclui-se através dos valores e factos anteriormente analisados, que relativamente às concentrações de gás Radão, o compartimento em estudo não possui as condições necessárias de qualidade do ar interior para a permanência de pessoas durante longos períodos de tempo, justificando-se esse facto através de estudos relacionados com o tema que revelam que por cada 100 Bq/m³ de concentração de gás Radão, o risco de obter cancro de pulmão aumenta entre 8 a 16 %. [34] [35]

Por outro lado, importa referir a relação entre ventilação e a diminuição dos níveis de concentração de gás Radão presentes no interior do compartimento, tal como pode ser observado através dos gráficos da subamostra M1 e M2, verificando-se um comportamento do gás Radão diferente entre os dias 17 a 19 e 20 a 22 de junho, em que o local não foi ocupado, e os dias 19,20,22 e 23 de junho em que é visível a diminuição da concentração do gás Radão. Conclui-se que através da abertura de 2 ou mais vãos por compartimento o efeito ventilação é extremamente útil relativamente à diminuição da concentração de gás Radão, funcionando desta forma como um meio de mitigação.

De referir um aumento significativo da concentração média de gás Radão registada durante o início do Verão, o que indica que o parâmetro temperatura influencia os valores de concentração do gás radão, justificando-se esse facto através do efeito convectivo dos fluxos de ar.

Através da análise realizada anteriormente, propõe-se um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis de concentração de gás Radão reduzam até ao valor limite imposto pela legislação nacional.

No que respeita às concentrações de dióxido e monóxido de carbono registados durante monitorização do compartimento, verifica-se que os valores se enquadram segundo os limites regulados pela Portaria nº 353-A/2013, fixando-se a média de dióxido de carbono em 1512,2 mg/m³ e a média de monóxido de carbono em 0.11mg/m³.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, a temperatura média do ar interior encontra-se acima do balizamento de 18-22°C sendo registado um valor médio de 27,3°C durante a instrumentação, justificando-se esse facto através da época do ano, tipologia de construção e idade do edifício. A humidade relativa do ar interior apresenta um valor médio dentro do balizamento pretendido de 50-70%, sendo verificada a percentagem média de 56%.

Consequentemente deverá ser proposta uma melhoria do desempenho térmico do compartimento de forma a atenuar os diferenciais térmicos existentes entre as estações do ano.

4.1.14. Amostra N

A Amostra N divide-se nas subamostras N1 e N2, localizadas em locais opostos no compartimento em estudo, sala SIG.

Através do Gráfico 17 é possível verificar que a concentração de gás Radão regista um valor máximo de 806,3 Bq/m³, mínimo de 138,6 Bq/m³ e médio de 397,7 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante dia 26 de junho pelas 2:01h e o valor mínimo durante o dia 28 de junho pelas 17:01h.

Verifica-se que a concentração de gás Radão é distinta no período correspondente à semana, de segunda a sexta-feira, do período correspondente ao fim de semana, dias de sábado e domingo. A diferença registada destaca o

efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão observado.

Relativamente ao plano de ventilações não existiu registo por parte dos utilizadores, embora através da consulta gráfica se creia que tenha havido ventilação durante a monitorização

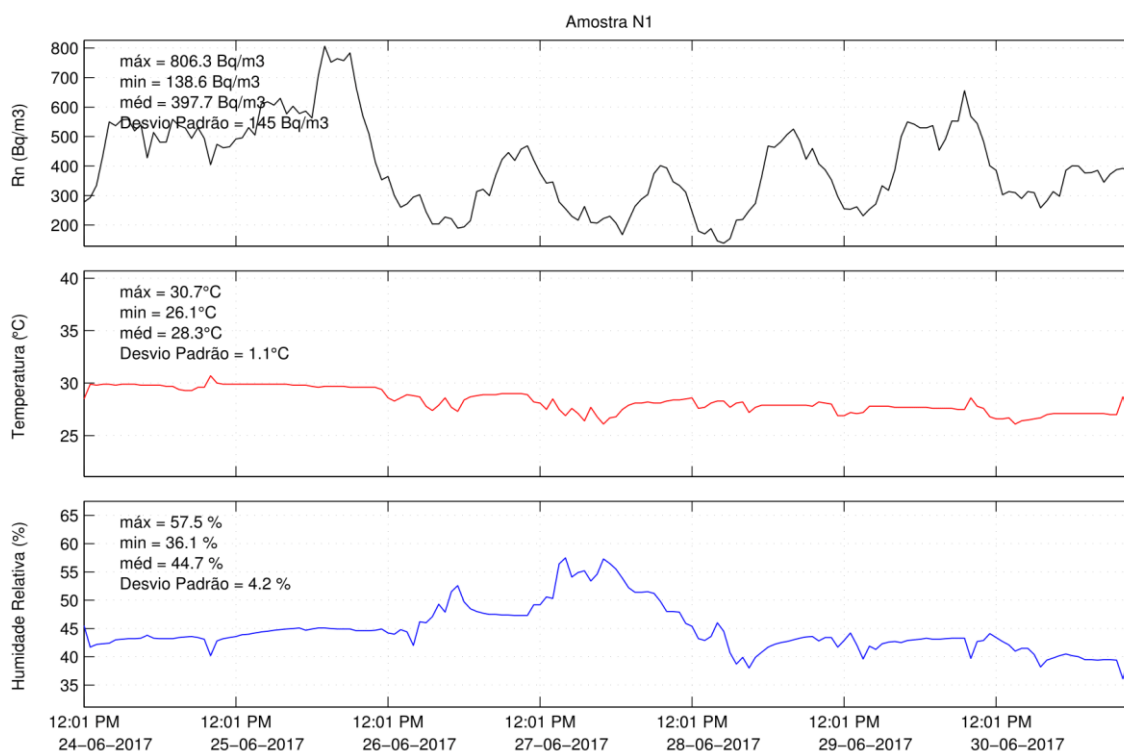


Gráfico 17 - Amostra N1 (Radão).

Observa-se que o comportamento do gás Radão se processa de forma distinta, verificando-se que durante o período de não utilização do compartimento, dia 24 de junho pelas 12:31h até ao dia 26 de junho pelas 9:01h, a concentração de gás Radão é superior ao período de utilização, 26 de junho pelas 09:01h até dia 1 de julho pelas 10:01h.

O Gráfico 18 apresenta os resultados referentes à subamostra N2 instalada interiormente junto ao quadro, onde foram registadas concentrações de gás Radão com um valor máximo de 632,4 Bq/m³, mínimo de 32,1 Bq/m³ e médio de 236,8,3 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 25 de junho pelas 20:59h e o valor mínimo a dia 30 de junho pelas 15:59h.

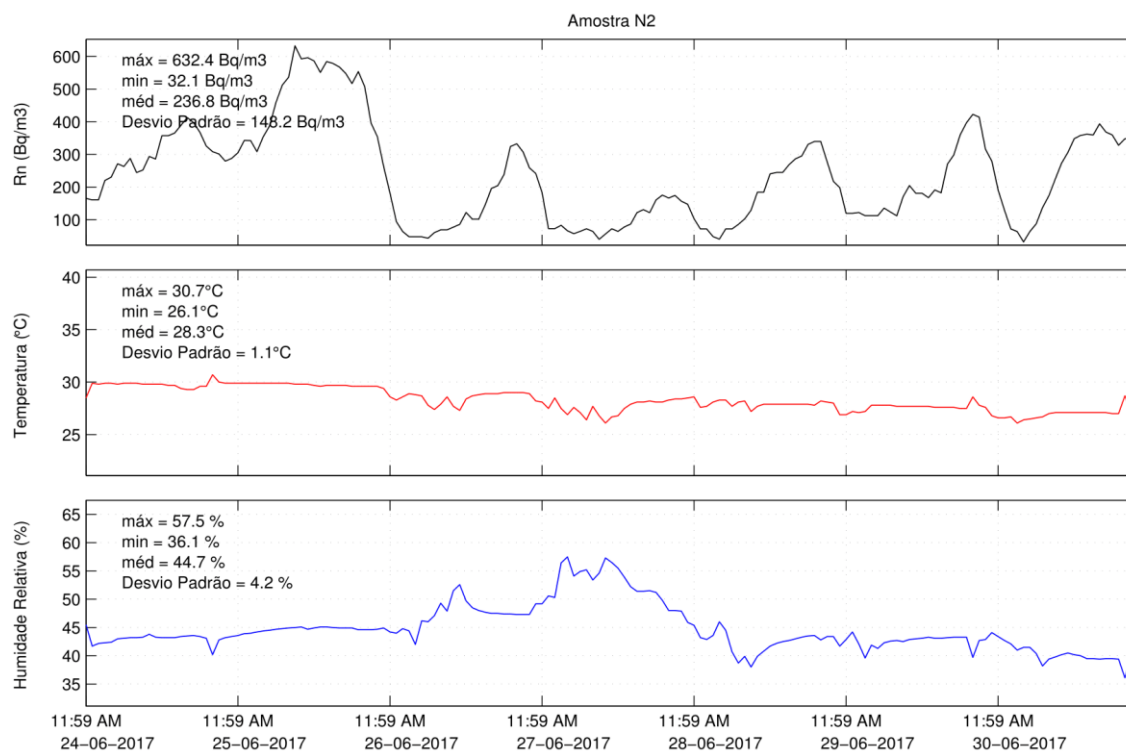


Gráfico 18 - Amostra N2 (Radão).

Através da comparação entre as subamostra N1 e N2 observa-se que as concentrações de gás Radão referentes à subamostra N2 são inferiores à subamostra N1, verificando-se a tendência observada através das amostras anteriores.

Relativamente ao comportamento da concentração de gás Radão a subamostra N2 demonstra um comportamento idêntico aos anteriormente analisados, observando-se duas formas de comportamento diferenciadas no que lhe diz respeito. Desta forma verifica-se que durante o período de não utilização do compartimento, de 24 de junho pelas 11:59h até 26 de junho pelas 17:59h, o comportamento o gás Radão se processa de forma distinta ao observado através do intervalo de tempo em que o local é utilizado, entre o dia 26 de junho pelas 18:59h e o dia 1 de julho pelas 9:59h.

Tal como anteriormente referido, verifica-se que poderá ter sido realizada ventilação durante a utilização do compartimento, observando-se esse facto através da diminuição das concentrações de gás Radão.

Tabela 19 - Amostra N (Parâmetros).

Amostra N									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- N1	806,3	138,6	397,7	385,7	278,4	507,1	461,96	372,92	359,02
Concentração de Radão (Bq/m³)-N2	632,4	32,1	236,8	217,4	112,1	342,6	303,69	221,38	187,74
Humidade relativa (%)	57,5	36,1	44,7	47,4	46,2	49,1	44,85	44,23	44,98
Temperatura (°C)	30,7	26,1	28,3	26,1	25,4	27,8	28,35	28,48	28,16
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1137	785	855,5	Dióxido de carbono (mg/m³)			2046,6	1413	1539,9
Monóxido de carbono (ppm)	0,1	0	0	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,1	0	0

De acordo com a Tabela 19 constata-se que o valor médio por período referente à concentração de gás Radão da subamostra N1 se fixa em 461,96 Bq/m³ durante o período 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 372,92 Bq/m³, e por último o período 16-24h com um valor de 359,02 Bq/m³. A mediana apresenta um valor de 385,7 Bq/m³. De salientar que há um predomínio de valores da subamostra N1 no 3º Quartil. No que se refere à subamostra N2 verifica-se o valor médio mais elevado durante o período entre as 0-8h apresentando um valor de 303,69 Bq/m³, seguindo-se o período 8-16h com um valor de 221,38 Bq/m³ e por último um valor de 187,74 Bq/m³ durante o período das 16-24h, verificando-se o valor da mediana em 217,4 Bq/m³.

No que respeita à monitorização da concentração de dióxido de carbono, o valor máximo atingido foi de 1137 ppm/2046,6 mg/m³, o mínimo de 785 ppm/1413 mg/m³ e o valor médio de 855,5 ppm/1539,9 mg/m³. Relativamente à monitorização do monóxido de carbono o valor máximo registado foi de 0,1 ppm/0,1 mg/m³, o valor mínimo 0 ppm/0 mg/m³ e valor médio de 0 ppm/0 mg/m³.

Por intermédio da leitura da Tabela 19, relativamente aos parâmetros higrotérmicos constata-se que a temperatura oscilou entre os 30,7°C como temperatura máxima e os 26,1°C como temperatura mínima, atingindo um valor médio de 28,3°C. A humidade relativa do ar interior registou um valor máximo de 57,5%, mínimo de 36,1%, e médio de 44,7%.

No que concerne ao valor médio por período relativo aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior não obteve uma

oscilação significativa, observando-se uma temperatura de 28,35°C durante o período 0-8h, 28,48°C durante o período 8-16h e 28,16°C no período 16-24h.

Observa-se que a humidade relativa do ar interior obteve o valor mais elevado durante o período 0-8h atingindo a percentagem de 44,85%, seguida de 44,23% no período das 8-16h e de 44,98% durante o período 16-24h.

Os valores observados nos Gráficos 17 e 18 e na Tabela 19 permitem constatar que subamostras N1 e N2 apresentam concentrações médias de gás Radão abaixo de 400 Bq/m³, valor referência segundo a Portaria nº 353-A/2013, apresentando a subamostra N1 um valor médio de 397,7 Bq/m³ e a subamostra N2 um valor de 236,8 Bq/m³.

De referir que segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM o valor de referência é de 300 Bq/m³, encontrando-se apenas a subamostra N2 em conformidade. Conclui-se que as concentrações observadas resultam da permeabilidade existente entre a união do elemento vertical e horizontal, aumentando desta forma o impacto que a diferença de pressão interior e exterior poderá provocar nos níveis observados.[3] [9] [15] A morfologia do compartimento composta por paredes (interiores e exteriores) em alvenaria de granito, padieiras, ombreiras e soleiras compostas pelo mesmo material, poderá também funcionar como uma possível fonte de exalação do gás, embora de forma diminuta.

Verifica-se através da análise gráfica que o comportamento do gás Radão se processa de forma idêntica nas duas subamostras, observando-se amplitudes e comprimentos de onda análogas, verificando-se apenas diferenças ao nível da concentração do gás Radão.

Relativamente à ventilação conclui-se que a abertura de apenas um vão durante o período de utilização do compartimento fez com que a diminuição da concentração de gás Radão tenha sido verificada, concluindo-se desta forma que caso houvesse a conjugação da abertura de dois vãos os níveis de concentração de gás Radão seriam menores, pois haveria uma renovação de ar mais eficaz.

Verifica-se através da Amostra N a diminuição do nível médio de concentração de gás Radão registado entre a 1ª e a 2ª fase de monitorização, não sendo comprovado o efeito convectivo normalmente observado com o aumento da temperatura.

Relativamente às concentrações de dióxido e monóxido de carbono, verifica-se que em ambos os casos os valores se enquadram segundo os valores limites referenciados pela Portaria nº 353-A/2013. Desta forma através da análise gráfica é possível verificar que em condições normais a sala está a ser utilizada de forma regular.

Em relação aos parâmetros higrotérmicos monitorizados, temperatura e humidade relativa do ar interior, em ambos os casos os valores encontram-se fora do balizamento pretendido, fixando-se o valor médio da temperatura em 28,3°C e a humidade relativa em 44,7%, justificando-se o facto pela monitorização ser realizada durante o Verão.

Conclui-se que deverá ser melhorado o desempenho térmico das paredes estruturais da construção antiga, visando o incremento da sua eficiência energética. No que refere à concentração de gás Radão, dióxido e monóxido de carbono o compartimento monitorizado apresenta todos os parâmetros analisados, como adequados, à luz dos limites impostos pela legislação nacional.

4.1.15. Amostra O

A Amostra O divide-se nas subamostras O1 e O2, instaladas em locais opostos do compartimento em estudo, sala 1.

Através da consulta do Gráfico 19 verifica-se que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 1338 Bq/m³, o valor mínimo de 422,6 Bq/m³ e o valor médio de 989,6 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 3 de julho pelas 7:00h e o valor mínimo a dia 1 de julho pelas 12:00h.

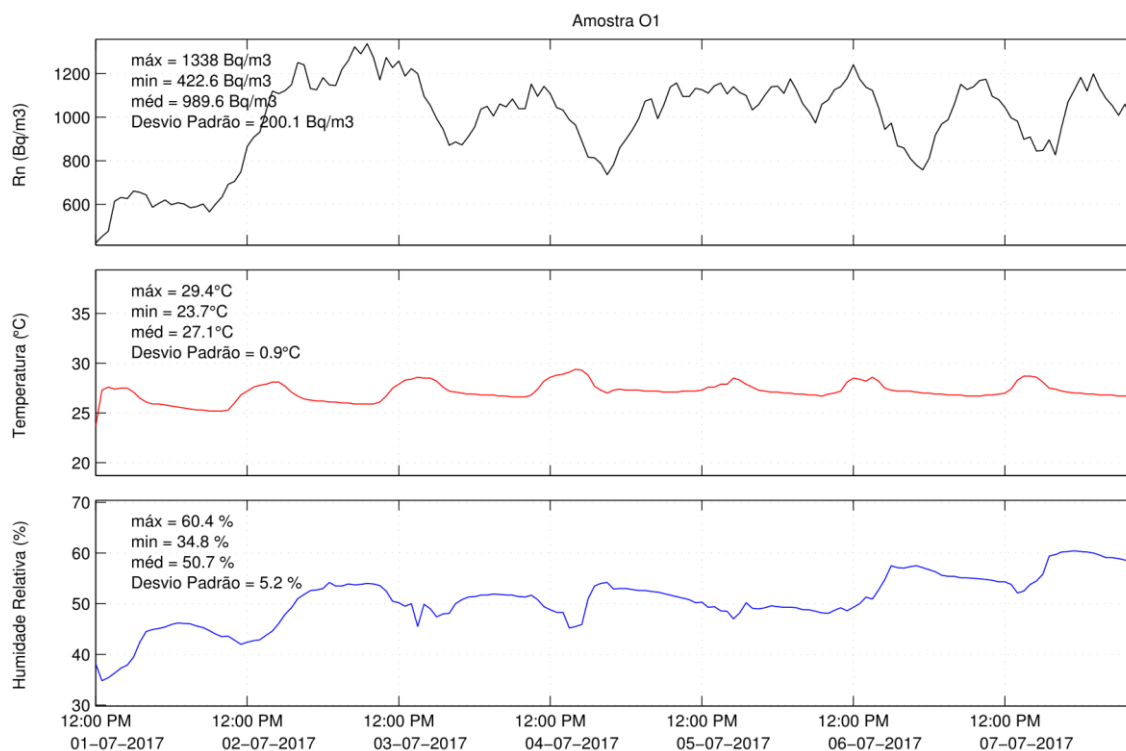


Gráfico 19 - Amostra O1 (Radão).

Verifica-se através da subamostra O1 que a concentração de gás Radão apresenta um comportamento linear, atingindo maioritariamente os valores superiores durante o período de madrugada/manhã e os valores inferiores durante o período noite/madrugada.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos verifica-se um comportamento cíclico, observando-se o aumento da temperatura a par da diminuição da humidade relativa do ar interior.

Através da análise do Gráfico 20 é possível constatar, para a subamostra O2, que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 881,4 Bq/m³, o valor mínimo de 102 Bq/m³ e o valor médio de 454,8 Bq/m³, tendo sido registado o valor máximo durante o dia 3 de julho pelas 1:08h e o valor mínimo no dia 1 de junho pelas 13:08h.

Verifica-se que a concentração de gás Radão tem um comportamento idêntico à subamostra anterior. Tal como anteriormente observado, a subamostra O2 registou valores de concentração de gás Radão superiores durante o período de madrugada/manhã e os menores durante o período noite/madrugada.

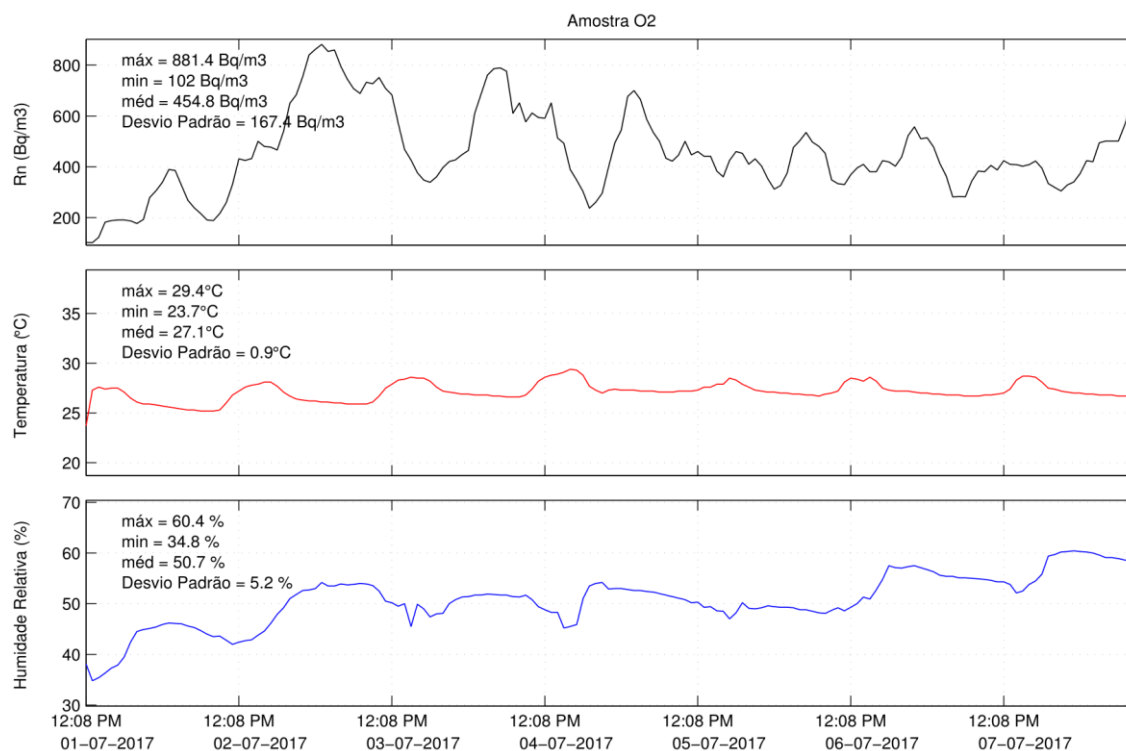


Gráfico 20 - Amostra O2 (Radão).

Importante referir que a diferença dos valores médios de concentração de gás Radão verificados através das Subamostras O1 e O2 indicando que a zona de maior concentração de gás se localiza junto à fachada na janela orientada a sul.

Tabela 20 - Amostra O (Parâmetros).

Amostra O								
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos	
							0-8h	8-16h
							16-24h	
Concentração de Radão (Bq/m³)- O1	1338	422,6	989,6	1048,9	872,5	1133,1	1014,52	1029,2
Concentração de Radão (Bq/m³)-O2	881,4	102	454,8	425,35	418	535	519,98	446,63
Humidade relativa (%)	60,4	34,8	50,7	54,4	53,2	56,5	52,46	48,75
Temperatura (°C)	29,4	23,7	27,1	25,7	25,1	26,4	26,56	27,37
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo
Dióxido de carbono (ppm)	1057	804	862,6	Dióxido de carbono (mg/m³)			1902,6	1447,2
Monóxido de carbono (ppm)	0,1	0	0	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,1	0

De acordo com a Tabela 20, verifica-se que os valores médios por período referentes à concentração de gás Radão, registados através da subamostra O1,

se fixam com um valor de 1014,52 Bq/m³ durante o período das 0-8h, seguido do período 8-16h com um valor de 1029,20 Bq/m³ e por último no período 16-24h com o valor de 926,36 Bq/m³. No que respeita à mediana esta apresenta um valor de 1048,9 Bq/m³. De salientar que há um predomínio de valores da subamostra O1 no 1º Quartil. Relativamente à subamostra O2, obteve-se o valor mais elevado durante o período 0-8h registando-se um valor de 519,98 Bq/m³, seguido do período 8-16h com o valor de 446,63 Bq/m³ e por último um valor de 397,46 Bq/m³ durante o período 16-24h.

No que respeita à monitorização do dióxido de carbono, o valor máximo registado foi de 1057 ppm/1902,6 mg/m³, o mínimo de 804 ppm/1447,2 mg/m³ e o valor médio de 862,6 ppm/1552,6 mg/m³. Em relação à monitorização do monóxido de carbono o valor máximo é registado foi de 0,1 ppm/0,1 mg/m³, o valor mínimo de 0 ppm/0 mg/m³ e o valor médio de 0 ppm/0 mg/m³.

Quanto aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior atingiu o valor máximo de 29,4°C, o valor mínimo de 23,7°C e o valor médio de 27,1°C. A humidade relativa do ar interior obteve como valor máximo de 60,4%, mínimo de 34,8% e médio de 50,7%.

Analizando os parâmetros higrotérmicos através dos valores médios por período, foi registada a temperatura de 26,56°C durante o período 0-8h, 27,37°C no período 8-16h e durante o período 16-24h, registou-se a temperatura de 27,43°C. Relativamente aos valores da humidade relativa do ar interior, obteve-se no período 0-8h o valor de 52,46%, no período 8-16h obteve-se o valor de 48,75% e durante o período 16-24h registou-se 50,77%.

Os valores observados nos Gráficos 19 e 20 e na Tabela 20 permitem constatar que o local tem apresentado valores bastante superiores ao valor limite segundo a legislação nacional.

A subamostra O1 apresenta um valor máximo de concentração de gás Radão de 1338 Bq/m³ e médio de 989,6 Bq/m³ sendo 2,47 vezes superior ao valor referência definido através da Portaria nº353-A/2013, que limita o valor do gás Radão em 400 Bq/m³. Quanto à subamostra O2 o valor máximo verificado situa-se em 881,4 Bq/m³ e o médio em 454,8 Bq/m³ fixando-se um pouco acima do limite de 400Bq/m³. No que respeita à comparação de valores médios registados e o valor limite segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, a

subamostra O1 registou um valor acima do limite de 300 Bq/m³ em 3,30 vezes e a subamostra O2 em 1,52 vezes.

Importante realçar o facto da subamostra O1 registar a concentração de gás Radão média mais elevada e ter sido implantada junto à janela da fachada, verificando-se novamente que as concentrações mais elevadas surgem junto às fachadas e nas ligações entre elementos verticais e horizontais.

De referir que através da análise realizada pelo valor médio por período, a subamostra O1 revela que em horário de utilização o valor registado é de 1029,20 Bq/m³ valor acima de 400 Bq/m³, e que por sua vez a subamostra O2 durante o mesmo período regista um valor médio de 446,6 Bq/m³. Conclui-se, que através da localização das sondas (locais opostos) uma parte da sala possui um ar saturado de concentração de gás Radão e a outra um valor menor. Desta forma a análise da concentração de gás Radão através de uma sonda é bastante generalista, devendo-se analisar os locais tendo em consideração a área e a volumetria, devendo-se utilizar pelo menos 2 aparelhos por compartimento acima de 100m², sendo posteriormente caracterizados através do resultado da média entre os 2 equipamentos

Relativamente aos parâmetros dióxido e monóxido de carbono, o dióxido de carbono apresentou um valor médio de 1552,6mg/m³, valor abaixo dos 2250mg/m³ segundo o limite regulado pela Portaria nº 353-A/2013. Embora o valor médio registado se encontre abaixo do limite, verifica-se que a dia 4 de julho a sala teve uma ocupação menor relativamente ao dia 6 de julho em que a ocupação foi maior, esse fator varia com a dimensão das turmas que utilizaram o local. De referir que o parâmetro monóxido de carbono se encontra dentro dos limites previstos pela legislação nacional.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, a temperatura do ar interior apresenta um valor médio de 27,1°C, valor acima em 5.1°C os 22°C, valor limite admissível para o conforto térmico expectável. Relativamente à humidade relativa do ar interior, o valor médio enquadra-se dentro do balizamento pretendido, 50-70%, registando-se o valor médio de 50,7%

Conclui-se que relativamente às concentrações médias de gás Radão, a sala não possui as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados

reduzam até a pelo menos o limite legal. Consequentemente deverá ser proposta uma melhoria do desempenho térmico das paredes estruturais da construção antiga, visando o incremento da eficiência energética do compartimento.

4.1.16. Amostra P

Por análise do Gráfico 21 é possível constatar, para a Amostra P, que a concentração de gás Radão apresenta o valor máximo de 725,7 Bq/m³, o valor mínimo de 278,3 Bq/m³ e valor médio de 474,7 Bq/m³, sendo registado o valor máximo durante o dia 14 de julho pelas 00:26h e o valor mínimo durante o dia 9 de junho pelas 20:26h.

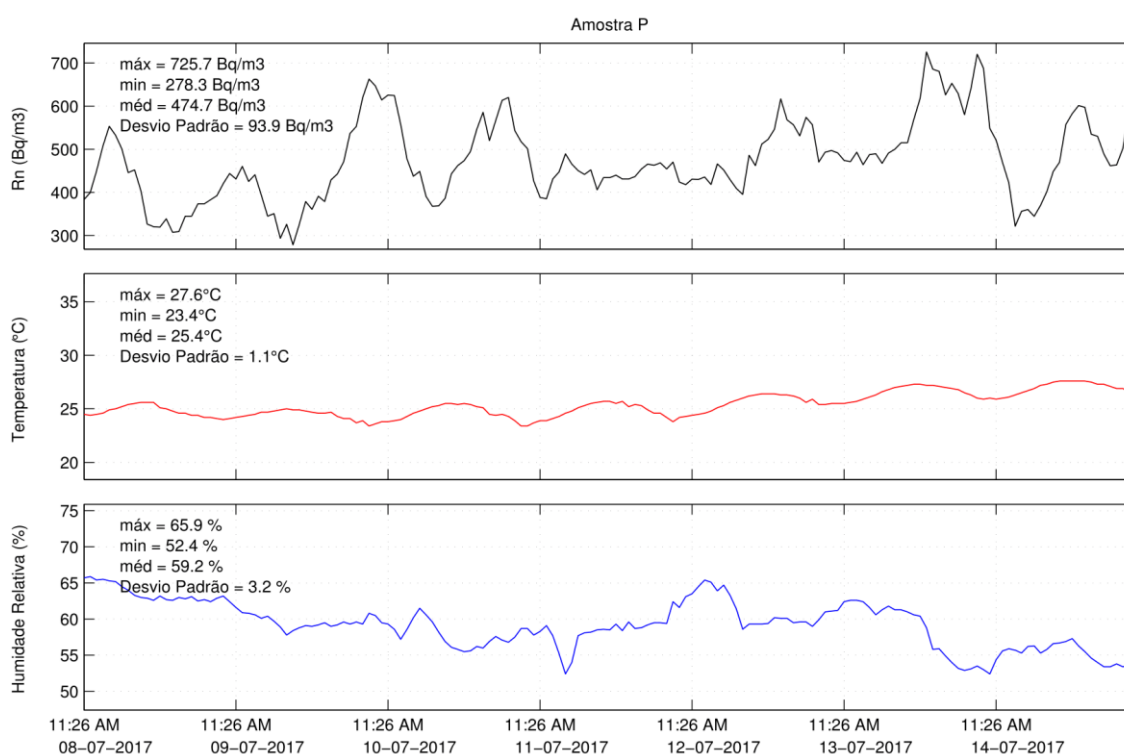


Gráfico 21 - Amostra P (Radão).

Por intermédio de observação gráfica é possível constatar que os maiores valores de concentração de gás Radão são registados durante o período manhã/tarde e os de menor concentração durante o período tarde/noite.

No que se refere aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que o comportamento da temperatura se mantém regular e que a humidade relativa do ar interior diminui em aproximadamente 10 % do seu valor inicial, registando-se a dia 8 de julho um valor de 65,7% e a dia 15 de julho um valor de 54,7%.

Tabela 21 - Amostra P (Parâmetros).

Amostra P									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	725,7	278,3	474,7	463,7	418	535	509,11	483,07	432,05
Humidade relativa (%)	60,4	34,8	50,7	61,2	58,9	62,4	58,11	60,03	59,51
Temperatura (°C)	29,4	23,7	27,1	24,7	23,7	25,4	25,51	24,77	25,88
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de carbono (ppm)	1036	806	848,4	Dióxido de carbono (mg/m³)			1864,8	1450,8	1527,1
Monóxido de carbono (ppm)	0,3	0	0	Monóxido de carbono (mg/m³)			0,3	0	0

De acordo com a Tabela 21, verifica-se que durante o período entre as 0-8h se regista um valor médio da concentração de gás Radão de 509,11 Bq/m³, seguido do período 8-16h com um valor de 483,07 Bq/m³ e por último durante o período 16-24h com um valor menor de 432,05 Bq/m³. No que respeita à mediana calculada o valor registado foi de 463,7 Bq/m³ verificando-se a tendência da Amostra P para 3º Quartil.

Relativamente à concentração de dióxido de carbono o valor máximo registado foi de 1036 ppm/1864,8 mg/m³, o mínimo de 806 ppm/1450,8 mg/m³ e o valor médio de 848,4 ppm/1527,1 mg/m³. A monitorização do monóxido de carbono apresenta o valor máximo de 0,3 ppm/0,3 mg/m³, o valor mínimo de 0 ppm/0 mg/m³ e o valor médio de 0,1 ppm/0,1 mg/m³.

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, verifica-se que a temperatura do ar interior regista um valor máximo de 27,6°C, mínimo de 23,4°C e médio de 25,4°C. A monitorização da humidade relativa do ar interior registou um valor máximo 65,9%, mínimo 52,4% e médio de 59,2%.

Analisando os valores médios por período, obteve-se a temperatura de 25,51°C durante o período 0-8h, 24,77°C durante o período 8-16h e durante o período 16-24h registou-se o valor mais elevado de 25,88°C. Relativamente aos valores da humidade relativa do ar interior obteve-se durante o período 0-8h o valor de 58,11%, no período 8-16h o valor de 60,03% e por fim no período entre as 16-24h registou-se o valor de 59,51%.

Os valores observados através do Gráfico 21 e da Tabela 21 permitem constatar que a concentração de gás Radão apresenta um valor máximo e médio

de 725,7 Bq/m³ e 474,7 Bq/m³, valores acima do limite fixado pela Portaria nº 353-A/2013.

Verifica-se que durante a monitorização da concentração de gás Radão foram registados 77,84% de valores acima do limite legal, assim sendo, durante aproximadamente $\frac{3}{4}$ da medição o ar encontrou-se saturado, registando-se um valor médio durante o período de ocupação do compartimento de 483,07 Bq/m³, valor acima da média 24h registada durante a medição.

Relativamente à concentração de dióxido de carbono, a Amostra P registou um valor médio de 1527,2 mg/m³, valor abaixo do valor referência segundo a Portaria nº 353-A/2013. De referir que através da monitorização realizada é possível constatar que o gabinete foi utilizado durante toda a semana, com maior ocupação durante os dias 12,13 e 14 de julho. No que refere ao valor médio referente ao monóxido de carbono encontra-se dentro do limite legal.

Quanto aos parâmetros higrotérmicos, temperatura e humidade relativa do ar interior, verifica-se que a temperatura se encontra 3,4°C acima do valor máximo que limita o conforto térmico, registando-se o valor da humidade relativa do ar interior dentro do balizamento pretendido. Conclui-se que a época do ano (Verão) é a principal causa dos valores observados, devido à tipologia construtiva do edifício.

Conclui-se que devido à concentração média de gás Radão registada o comportamento não possui as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados reduzam até ao limite imposto pela legislação nacional. Consequentemente deverá ser proposta uma melhoria do desempenho térmico do compartimento de forma a atenuar os diferenciais térmicos existentes entre as estações do ano.

4.1.17. Amostra Q

Por intermédio da análise do Gráfico 22 constata-se, para a Amostra Q, que a concentração de gás Radão atinge o valor máximo de 1771,1Bq/m³, o valor mínimo de 168,4 Bq/m³ e o valor médio de 873 Bq/m³, sendo registado o

valor máximo no dia 9 de julho pelas 14:29h e o valor mínimo no dia 14 de junho pelas 12:29h.

Através da análise gráfica é possível verificar a diferença existente entre as variações de concentração do gás Radão durante o período correspondente ao fim de semana e durante o período semanal, destacando-se o efeito da ocupação humana e da ventilação no valor da concentração de gás Radão.

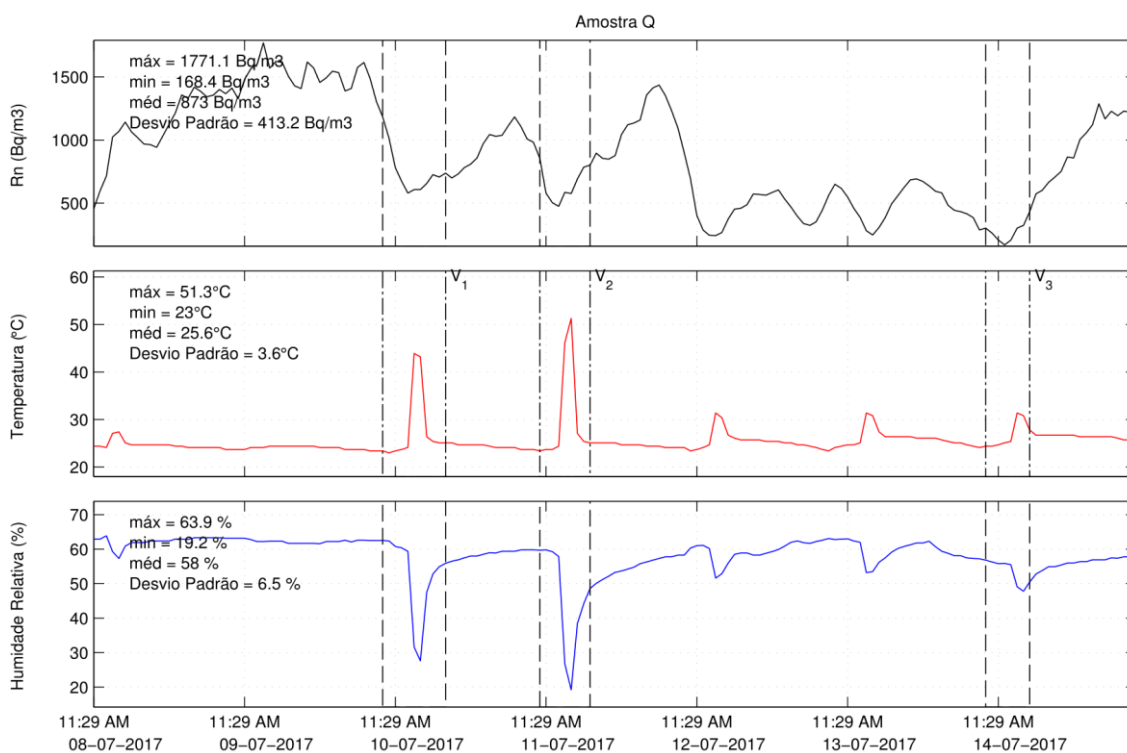


Gráfico 22 - Amostra Q (Radão).

Constata-se que os valores mais elevados foram registados durante o período da madrugada e que em sentido inverso os valores menores foram registados durante o período da tarde.

Importante salientar que a ventilação realizada não reduziu a concentração de gás Radão da amostra, observando-se que a diminuição da concentração de gás Radão acompanha o decréscimo natural das concentrações.

Tabela 22 - Amostra Q (Parâmetros).

Amostra Q									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1771,1	168,4	873	809,5	557,9	1214,7	1038,19	738,07	840,43
Humidade relativa (%)	ERRO DE SONDA.								
Temperatura (°C)									

De acordo com a Tabela 22, é possível apurar o maior valor médio por período da Amostra Q, fixando-se o valor em 1038,19 Bq/m³ durante o período das 0-8h, seguido do valor de 840,43 Bq/m³ durante o período das 16-24h e por último durante o período das 8-16h com o valor de 738,07 Bq/m³. O valor da mediana verificada foi de 809,5 Bq/m³ mostrando a tendência da amostra em se aproximar do 3º Quartil.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, não foi possível efetuar a respetiva leitura devido a um erro da sonda, tal como observado através do Gráfico 22 e da Tabela 22.

Conclui-se que a Amostra Q registou um valor médio de 873 Bq/m³, sendo 2,18 vezes superior ao limite segundo a Portaria nº 253-A /2103 e 2,91 vezes superior ao valor de referência de 300 Bq/m³ segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM,

Relativamente ao valor médio por período, durante o tempo de utilização do compartimento o valor médio registado foi de 738,07 Bq/m³, valor abaixo da média 24h e acima do valor regulamentar.

Verifica-se que o efeito da ventilação não produziu a diminuição da concentração de gás Radão expectável, observando-se que os valores da concentração do gás Radão se encontram em queda aquando da abertura do vão. Conclui-se que a ventilação efetuada através da abertura de um vão não produz a diminuição esperada da concentração de gás Radão.

Através da visualização gráfica observa-se que os valores de concentração do gás Radão são superiores durante o período correspondente ao fim semana, dias de sábado e domingo, e inferiores durante a semana, de segunda a sexta-feira, verificando-se também esse facto através das Amostras G e M implantadas em 2 gabinetes do mesmo piso. Conclui-se que a utilização

dos compartimentos tem influência nos níveis da concentração do gás Radão observados, podendo oscilar devido a vários parâmetros, dificultando desta forma a avaliação e origem do gás Radão.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos, devido a um erro da sonda durante a monitorização não é possível concluir nenhum aspeto relativamente à temperatura e humidade relativa do ar interior.

Conclui-se que devido à concentração média de gás Radão registada, o comportamento não possui as condições necessárias para a permanência de pessoas no seu interior durante longos períodos de tempo, devendo ser iniciado um plano que contemple medidas mitigadoras fazendo com que os níveis observados reduzam até ao limite imposto pela legislação nacional.

4.2. Representação Agregada dos Resultados

A representação agregada dos resultados de instrumentação permite facilitar a interpretação dos resultados obtidos para todas as amostras instrumentadas. Neste sentido, no subcapítulo 4.2, foi estabelecida uma representação estatística recorrendo aos “diagramas de caixa” e ao gráfico de barras, onde se pode observar a variação conjunta dos parâmetros em estudo. Os parâmetros representados foram os seguintes: concentração de gás Radão, temperatura e humidade relativa do ar interior.

Os “diagramas de caixa” são utilizados para avaliar a distribuição dos dados referentes aos parâmetros monitorizados, os quais são representados nos gráficos pelo limite inferior (valor mínimo) e pelo limite superior (valor máximo). A caixa apresentada é destinada aos quartis, sendo composta pelo 1º Quartil que representa 25% da amostra, e pelo 3º Quartil que representa 75 % da amostra. Para terminar falta apenas a mediana, registada como sendo o valor representativo de 50% da amostra. As caixas podem apresentar valores fora desses limites, sendo estes designados por valores estatisticamente sem validade.

A representação dos gráficos tem em conta que o período de instrumentação das amostras se realizou em 2 fases distintas: a 1ª fase entre o dia 29 de abril e o dia 3 de junho de 2017, e a 2ª fase entre o dia 3 de junho e o dia 15 de julho de 2017. Desta forma, os compartimentos referentes às amostras A a L foram

instrumentados durante a Primavera, e os referentes às amostras M a Q durante o Verão.

No Gráfico 23 são representados todos os “diagramas de caixa” de concentração de gás Radão (Bq/m^3) referentes às amostras recolhidas durante a totalidade do período de monitorização.

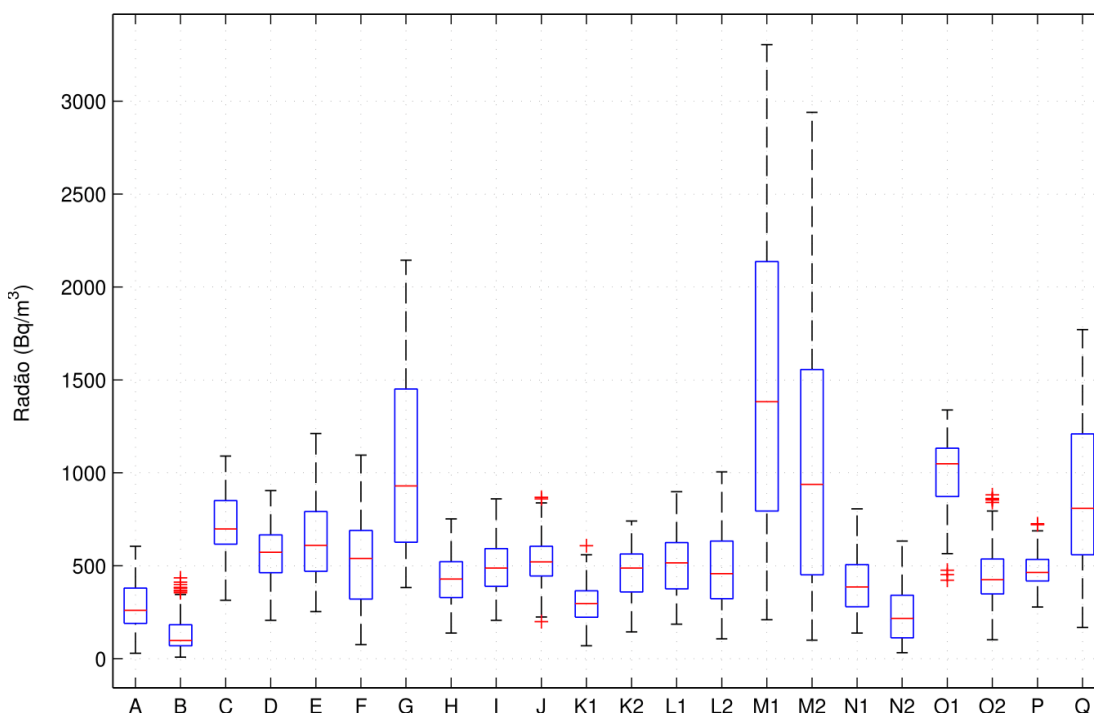


Gráfico 23 - Diagrama Caixa (Amostras Radão).

A análise gráfica permite observar que aproximadamente 23% dos valores correspondentes à mediana das amostras instrumentadas, se encontram abaixo do valor referência segundo a Portaria nº 353-A/2013 (400 Bq/m^3). Consequentemente, em 77% das amostras o referido limite é ultrapassado, nalguns casos de forma considerável. Através da análise realizada por intermédio do valor limite segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM verifica-se que em 82% das amostras são registados valores medianos acima de 300 Bq/m^3 . Importante referir que durante a 1ª fase de instrumentação, 80% das medianas obtidas encontravam-se acima de 400 Bq/m^3 , valor um pouco diferente relativamente à 2ª fase de medições em que a percentagem desceu para 75%.

A análise gráfica dos 5 “diagramas de caixa” com concentrações de gás Radão mais elevadas (Gráfico 23), correspondentes a 2 gabinetes de docentes

e 1 sala de aula, verificando-se surpreendentemente que os compartimentos se situam nos pisos 2 e 3, referenciando-se o piso 2 como o local onde as concentrações de gás Radão são mais elevadas.

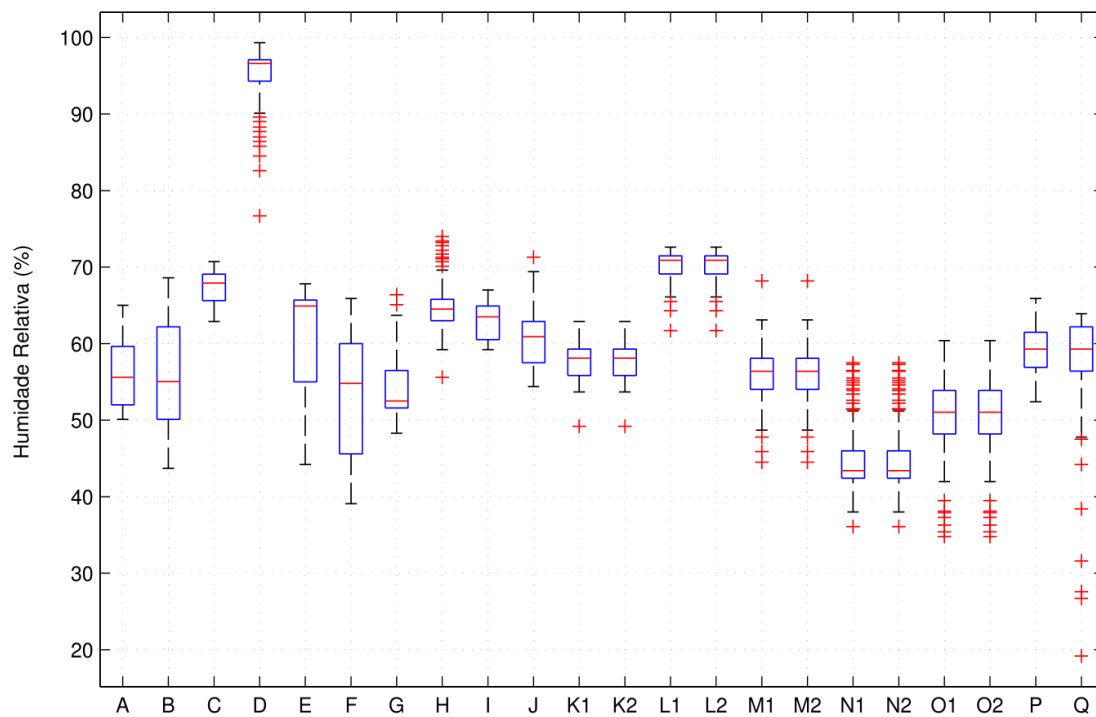


Gráfico 24 - Diagrama Caixa (Amostras Humidade relativa do ar interior).

O Gráfico 24, representa o “diagrama de caixa” referente à humidade relativa (%) para cada compartimento em estudo, de referir que os resultados apresentados pela Amostra Q não serão analisados devido a um erro da sonda.

Durante a 1ª fase de medições apenas 20 % das amostras revelaram um valor da mediana fora da gama de valores referentes ao conforto térmico, 50 e 70%, verificando-se durante a 2ª fase um aumento para 33%.

No gráfico 25 são apresentados os “diagramas de caixa” referentes à temperatura do ar interior (°C) relativas às amostras monitorizadas.

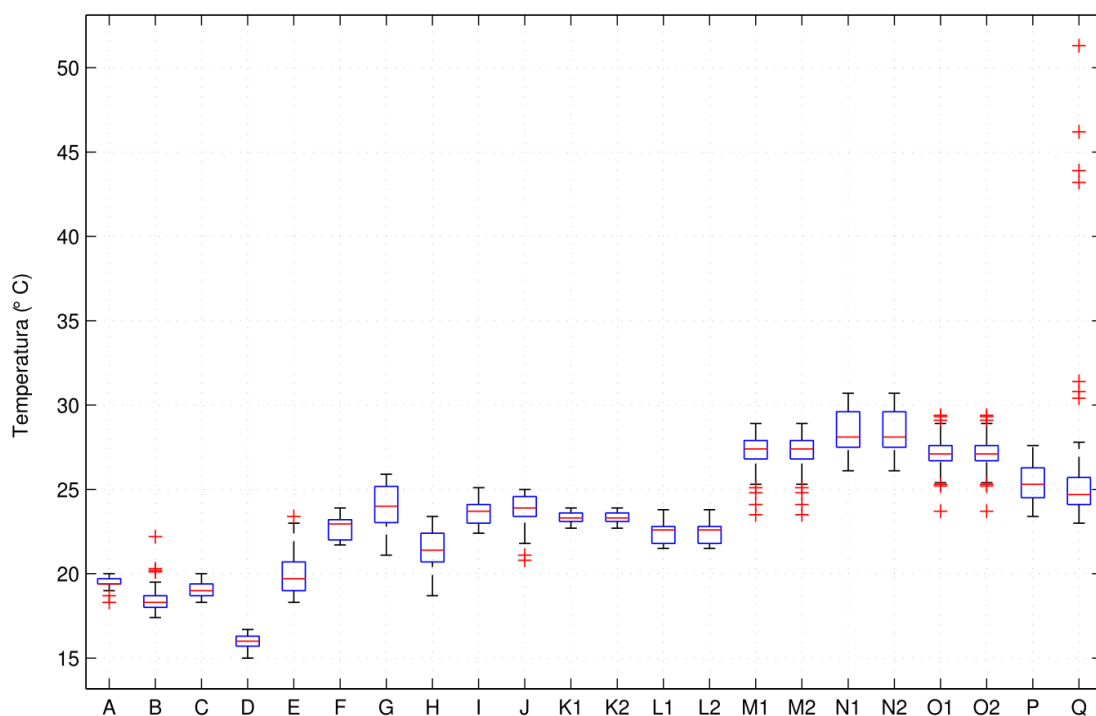


Gráfico 25 - Diagrama Caixa (Amostras Temperatura interna).

A variação de temperatura do ar interior nos compartimentos em estudo na transição da Primavera para o Verão é bem evidente a partir da subamostra M1. É importante referir que em termos medianos, em 17 compartimentos monitorizados apenas 29% registaram temperaturas compreendidas no intervalo entre os 18 e 22°C referente ao conforto térmico.

É visível através da análise gráfica que a partir do início do Verão os “diagramas de caixa” localizam-se acima de 25°C independentemente do piso e do compartimento. A Amostra D revela uma temperatura média do ar interior abaixo das restantes, devido à sua orientação solar. O compartimento está sombreado a oeste, por uma copa de árvore, e a este está orientado aos claustros.

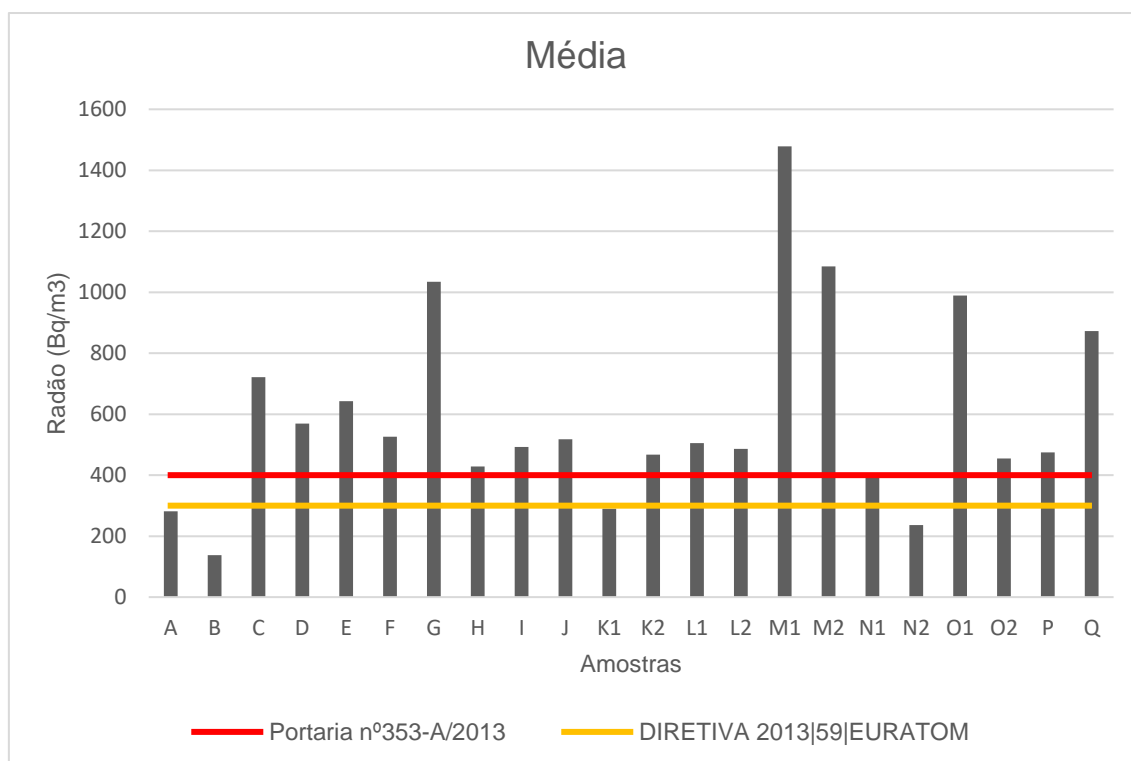


Gráfico 26 - Amostras (Médias-Valores de referência segundo Portaria nº 353-A/2013 e Directiva 2013/59 EURATOM).

A análise do Gráfico 26 permite concluir que 77% das amostras instrumentadas ultrapassam o valor-limite regulamentar da concentração do gás Radão (400 Bq/m^3) fixado pela Portaria nº 353-A/2013 e 82% o valor-limite segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, 300 Bq/m^3 .

4.3. Síntese do Capítulo

No capítulo 4 foi efetuada a análise gráfica e a respetiva discussão de resultados referente às amostras instrumentadas. O objetivo do estudo incidiu na análise de um conjunto representativo de compartimentos do edifício da Escola Superior Agrária (ESA), monitorizados entre os dias 29 de abril e 15 de julho de 2017.

De acordo com o plano de instrumentação descrito no Capítulo 3, foram instrumentados de forma criteriosa 17 compartimentos distribuídos ao longo do edifício da ESA, tendo sido estabelecida uma análise detalhada de resultados no Capítulo 4.1.

O período de medição estabelecido teve lugar em duas estações do ano distintas: a Primavera e o Verão. A variação das condições climáticas exteriores em ambas as estações do ano, permitiu a obtenção de resultados experimentais distintos, que impedem uma comparação direta entre as diversas amostras. A análise dos resultados experimentais referentes aos 10 primeiros compartimentos instrumentados, permite verificar que são evidentes valores da concentração do gás Radão acima do limite legal estipulado pela Portaria nº 353-A/2013 [1]. Tendo como base de análise os resultados obtidos, conclui-se que em apenas 20% das amostras instrumentadas, o valor médio calculado apresenta-se abaixo de 400Bq/m³ e que comparativamente à Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM [2], que referencia o valor limite em 300Bq/m³, a percentagem é equivalente.

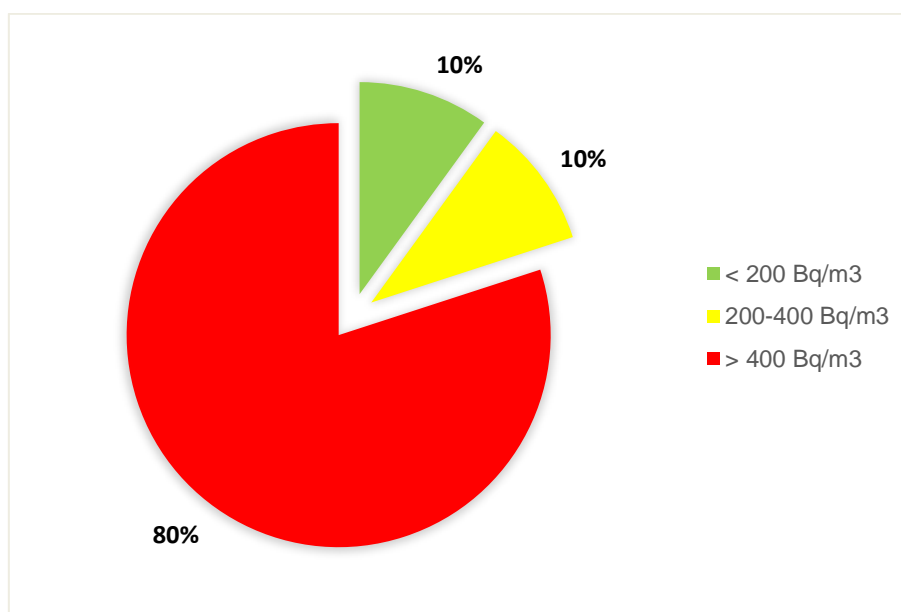


Gráfico 27 - Análise das amostras instrumentadas à luz da Portaria nº353-A/2013 (1ª fase).

Tal como observado no Gráfico 27, 80% dos compartimentos instrumentados apresentam valores de concentração de gás Radão registados acima do limite legal previsto para o efeito. Dada a elevada exposição dos ocupantes às referidas concentrações de gás Radão, assume-se, desde já, dever desenhar-se um plano que contenha medidas mitigadoras de forma a atenuar as elevadas concentrações registadas.

Ao contrário do expectável, verifica-se que o nível do piso onde se localiza o compartimento instrumentado, não influencia os valores observados. De facto, o piso 0 corresponde ao local onde os valores registados são menores e o piso 2 onde são mais elevados. Conclui-se, desta forma, que a transmissão do gás Radão para o interior do edifício pode ser realizada através de duas formas distintas, através do solo de fundação granítico ou através dos materiais de construção aplicados.

Ao contrário do inicialmente expectável as Amostras A e B apresentam valores de concentração de gás Radão menores comparativamente às demais, apesar de implantadas no piso 0 do edifício monitorizado. No que respeita à análise realizada ao edifício principal, pressupunha-se que os maiores valores fossem registados nas Amostras C e D, localizadas no subpiso 0/1, o que não se veio a confirmar, de forma idêntica.

No que refere aos baixos valores de concentração de gás Radão verificados no gabinete técnico (Amostra A) e na sala de estudo (Amostra B), existe, porém, uma explicação lógica para o sucedido. A explicação reside no facto da construção do gabinete técnico e da sala de estudo ter sido realizada sobre umas antigas cortes. Desta forma, crê-se que a existência de material permeável de aterro faça com que haja dissipação de gás transmitido por via do maciço rochoso. Posto isto, sendo a principal causa de transmissão do gás Radão nos edifícios, a natureza do solo de fundação, o gás dissipa-se através de espaços vazios existentes por entre o solo e o pavimento, funcionando o aterro como uma fonte de dissipação do gás Radão.

Em relação às elevadas concentrações de gás Radão verificados no gabinete 305 (Amostra G), existem 2 fatores a ter em conta, como a localização do compartimento, no 2º piso, e a morfologia granítica do local, composta por elementos graníticos de elevada massa como padieiras, soleiras, ombreiras e paredes compostas por alvenaria de granito de elevada espessura

À luz dos resultados apresentados no Capítulo 4, conclui-se que a propagação do gás Radão é determinada, em larga medida, pela geologia do local de implantação do edifício, e em menor medida, pelo material de construção presente nos seus elementos de construção.

Apresenta-se, de seguida, duas possíveis explicações para os processos de propagação do gás Radão enunciados:

- A existência de um afloramento granítico no local de implantação do edifício, constituído por granito porfiróide, possibilita a emissão de partículas alfa que penetram na construção pelos vazios existentes. Como elemento impulsor da propagação do gás Radão, encontra-se a pressão do ar: registam-se ao longo do tempo diferenças de pressão entre o interior e o exterior do edifício, bem como pressões no subsolo, responsáveis pela sucção e encaminhamento do gás Radão para o interior do edifício em estudo;
- A existência de bolsas de gás no interior dos elementos de granito que compõe a estrutura das paredes graníticas do edifício. Estes elementos ao sofrerem microfissuras libertando para o interior dos compartimentos partículas alfa, em pequena escala, responsáveis por um incremento da concentração de gás Radão no interior do local em estudo.

Relativamente aos parâmetros higrotérmicos registados, verifica-se que a Amostra D apresenta valores elevados no que refere à humidade relativa (95%). Trata-se de um valor extremamente alto comparativamente ao intervalo estabelecido de 50-70%, tido como referência na presente dissertação. No que refere às 10 amostras monitorizadas durante a 1ª fase, 50% dos compartimentos enquadram-se nos valores de referência para o conforto térmico relativamente à temperatura do ar interior, 18-22°C, e 80% dentro os valores referência para a humidade relativa (50-70%).

Outros parâmetros monitorizados prendem-se com o dióxido e monóxido de carbono, não havendo amostras acima do valor de referência indicado na legislação aplicável, que se fixa em 2250 mg/m³ para o dióxido de carbono e 10mg/m³ para o monóxido de carbono. De referir que relativamente às concentrações máximas de dióxido de carbono observadas, a amostra crítica foi localizada na sala SIG, apresentando um valor de máximo de 4503mg/m³, o que indica que à data da monitorização existiu sobrelotação do local. Relativamente ao gás monóxido de carbono nunca se verificaram valores acima da referência segundo a Portaria nº353-A/2013 [1], justificando esse facto com a inexistência de queima indevida nos aparelhos de combustão.

A análise dos valores da concentração de gás Radão referentes aos 7 compartimentos monitorizados durante a 2ª fase de medição, permite revelar uma tendência equivalente à registada na 1ª fase. Destacando-se em praticamente todos os compartimentos monitorizados valores acima de 400 Bq/m³, valor fixado pela Portaria nº 253-A/2013 [1], e de 300 Bq/m³ especificado pela Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM [2].

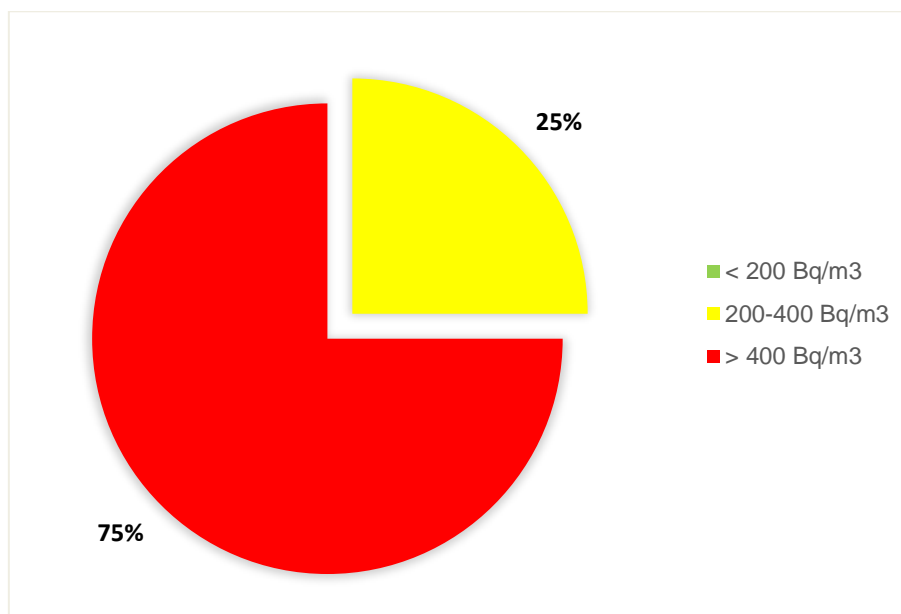


Gráfico 28 - Percentagem de valores médios acima da referência segundo a Portaria nº353-A/2013 (2ª fase).

Assim sendo, tal como observado através do Gráfico 28, em 25% das amostras analisadas os valores encontram-se abaixo dos 400Bq/m³ e os restantes 75% acima do valor de referência. No que refere à Diretiva Europeia verifica-se que 17% dos valores registados se enquadram abaixo de 300Bq/m³ e os restantes 83% acima do valor limite imposto pela referida Diretiva.

A transmissão do gás Radão não se processa de forma contínua e o piso em que é efetuada a medição não apresenta obrigatoriamente uma variação linear da concentração a cada monitorização. Durante a 2ª fase do processo de medição da concentração de gás Radão foram registadas no piso 0 concentrações médias abaixo de 400 Bq/m³, verificando-se no piso 2 valores médios superiores em 3,70 vezes o valor limite fixado pela Portaria nº 253-A/2013[1]. Os resultados obtidos na 2ª fase do processo de medição contrariam o seguinte princípio: as concentrações mais elevadas de gás Radão são

frequentemente encontradas em pisos térreos, devido à densidade do gás ser igual a $9,73 \text{ kg/m}^3$, isto é, aproximadamente 8 vezes superior à do ar, que se aproxima do valor de $1,28 \text{ kg/m}^3$. [8]

Tal como verificado durante a 1ª fase de monitorização, as maiores concentrações foram detetadas pelas sondas colocadas a 1m das janelas, localizadas nas fachadas dos compartimentos.

Relativamente aos locais monitorizados, as Amostras M ($M1=1478,1 \text{ Bq/m}^3$ - $M2=1084,8 \text{ Bq/m}^3$), O ($O1=989,6 \text{ Bq/m}^3$ - $O2=454,8 \text{ Bq/m}^3$) e Q (873 Bq/m^3) apresentam valores de concentração de gás Radão acima dos valores médios para os restantes compartimentos.

Através da análise dos gráficos constata-se que as ações de ventilação registadas por abertura de um único vão, não produzem a diminuição expectável da concentração de gás Radão, muito embora através da abertura de pelo menos 2 vãos se verifique de forma notória o efeito da ventilação na diminuição da concentração do gás Radão.

Importante referir que o efeito gerado pela abertura de pelo menos um vão, poderá gerar diferenças de pressão através de movimentos de massas de ar dentro do compartimento, que poderão fazer com que os valores da concentração do gás Radão variem, não sendo esse efeito diretamente relacionado com a ventilação mas sim com a diferença de pressão. [3] [9] [15]

No que refere aos parâmetros higrotérmicos, sublinha-se o seguinte: a temperatura do ar interior aumentou consideravelmente nas amostras instrumentadas nos meses de verão, concluindo-se desta forma que a mudança de estação do ano teve um impacto significativo no que respeita ao aumento de temperatura do ar interior. Quanto à humidade relativa do ar interior, apenas 33% dos valores registados se encontram fora do intervalo de 50-70% gama considerada de referência para o conforto térmico pela legislação nacional.

Em relação aos parâmetros dióxido e monóxido de carbono, os valores registados enquadram-se abaixo dos limites legais definidos pelas Portaria nº 353-A/2013. [1]

Em face dos resultados obtidos e reportados no subcapítulo 4, conclui-se que deve ser iniciado um plano mitigador promovendo a redução dos valores de gás Radão observados para concentrações abaixo do limite legal, bem como a

melhoria do desempenho térmico dos compartimentos, visando a eficiência energética do edifício.

5. Medidas de Mitigação

Segundo a OMS a exposição prolongada ao gás Radão é um dos principais fatores para o surgimento de cancro do pulmão. Estima-se que 20 000 mortes por ano nos Estados Unidos seja devido à inalação do referido gás, um número superior ao correspondente relativamente a outros cancros comuns. [11]

No subcapítulo 5.1 serão abordadas medidas mitigadoras de caráter geral, sendo no subcapítulo 5.2 proposta uma medida mitigadora a implementar num compartimento do edifício em estudo.

5.1. Medidas de Mitigação Gerais

O controlo do gás Radão deve ter como objetivo a redução do risco na população em geral. Deste modo devem ser criadas metas de mitigação para edifícios existentes e novos, de forma a diminuir as concentrações de gás Radão no seu interior, reduzindo o risco da exposição ao gás de forma mais abrangente. [3]

O Radão é um gás, e como tal, é fundamental perceber de que forma surge no interior dos edifícios e qual o seu comportamento internamente.

Os dois principais métodos considerados em matéria de mitigação são os seguintes:

- **Método1**-Extração do gás Radão para o exterior dos edifícios, impedindo a permanência deste no seu interior através de sistemas de ventilação de ar. Por outro lado, poderão também ser utilizados sistemas de despressurização do solo, evitando deste modo a entrada do gás no interior do edifício;
- **Método2**-Selagem de pavimentos por intermédio de telas impermeabilizantes aos gases.

A entrada do gás Radão no interior de um edifício surge essencialmente através do solo, situação explicada através das diferenças de pressão criadas entre o solo e o interior das habitações, de acordo com a OMS. [3]

As principais medidas que materializam os métodos gerais de mitigação enunciados são os seguintes:

5.1.1. Sistemas de Despressurização do Solo (DAS / DPS)

Os sistemas de despressurização do solo não se baseiam apenas na colocação de barreiras que sirvam de entrave à passagem do gás Radão, mas sim na modificação de pressões(despressurização) entre o solo e a laje de forma a desviar o fluxo do gás, extraíndo-o.

Assim sendo, classificam-se estes sistemas de duas formas distintas:

a. Despressurização ativa do solo (DAS)

A despressurização ativa do solo, *cf* Figura 34, é de simples instalação e comparativamente à DPS (despressurização passiva do solo) proporcionando uma maior redução de gás Radão no interior dos edifícios. Segundo a OMS, a simplicidade da instalação e a eficiência na diminuição dos níveis de gás Radão para o interior dos edifícios torna o DAS a opção preferida para edifícios em construção.

Tal como pode ser observado através da Figura 34, o DAS é constituído por um sistema de tubagem composto por um ponto de sucção, localizado numa camada de agregado de alta permeabilidade, imediatamente por baixo do piso térreo do edifício. O sistema é ainda composto por um sistema de exaustão colocado preferencialmente num desvão ventilado ou na parte exterior do edifício.

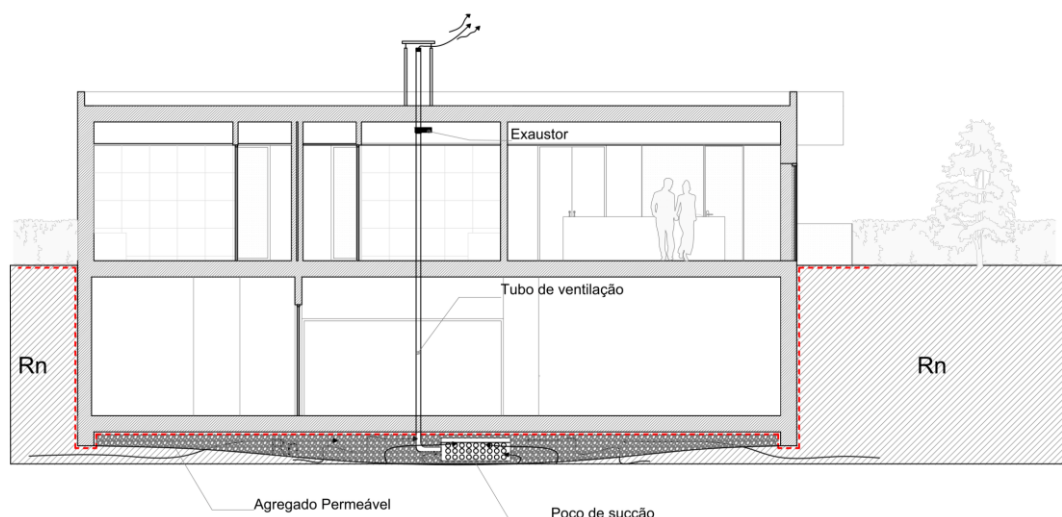


Figura 34 - Despressurização ativa do solo (DAS).

b. Despressurização passiva do solo (DPS)

Relativamente à despressurização passiva do solo, *cf* Figura 35, a eficácia deste sistema é dependente da flutuação térmica do ar no tubo e a capacidade de aliviar ligeiramente a pressão do solo, isto é, criar diferenças de pressão entre o exterior e o sub-solo dos edifícios. O sistema DPS, tal como o DAS, para ser eficaz deverá ter uma camada de agregado bastante permeável distribuída entre o solo e o elemento que o recobre, como lajes térreas, telas de impermeabilização, etc. A tubagem de ventilação deverá ser encaminhada até à cobertura através de numa galeria técnica e isolada termicamente através de uma manga flexível.

A tubagem do sistema DPS, tal como a DAS, deverá ser rotulada ou marcada com o intuito de não gerar confusão relativamente a outras instalações técnicas existentes.

Tal como no sistema anteriormente referido, os pisos em contacto com o solo deverão ser selados de forma a evitar a condução do gás por entre a laje do pavimento ou outros elementos construtivos, considerando-se que através desse procedimento aliado ao DPS o rendimento do sistema aumenta.

Importante referir o facto de que deverá ser previsto na zona do desvão um local para possível instalação de um pequeno aparelho de exaustão, caso o sistema DPS não funcione de forma adequada, transformando-o num DAS, *cf* Figura 34.

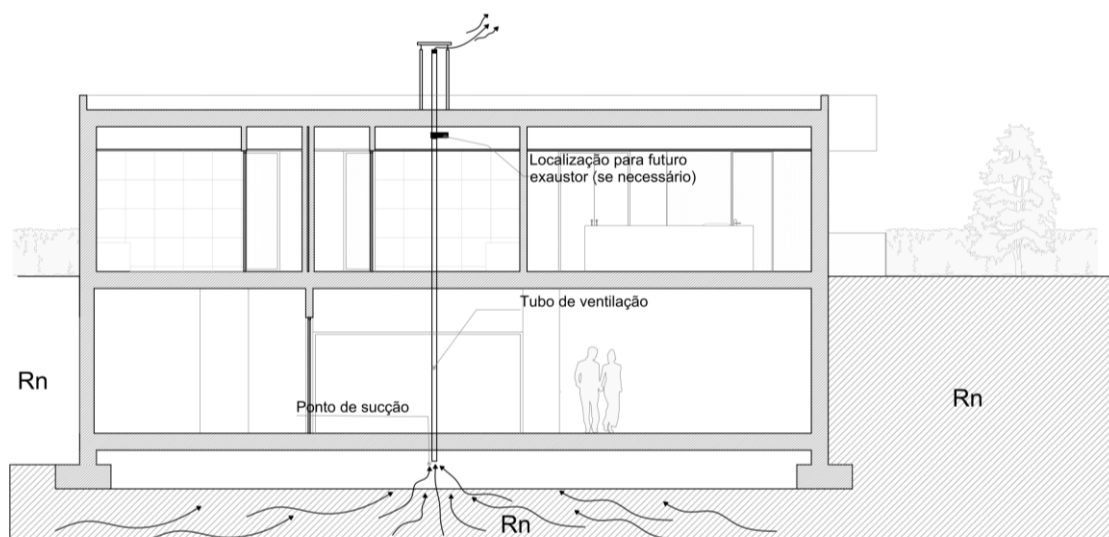


Figura 35 - Despressurização passiva do solo (DPS).

5.1.2. Telas (Anti-Radão)

As telas anti-radão são produtos impermeabilizantes concebidos para dificultarem a passagem de gás Radão para o interior dos edifícios. Existem no mercado diversas tipologias de telas, podendo ser do tipo betuminoso com reforço a malha de fibra de vidro ou poliéster e reforçadas com rede de fibra de vidro. Este tipo de tela oferece uma elevada resistência à entrada do gás Radão nos edifícios, servindo também de barreira à humidade e ao vapor de água.

A utilização de telas, *cf* Figura 36, poderá ser realizada de duas formas distintas, isto é, de modo independente ou de forma integrada.

A aplicação das telas é realizada de forma a ficarem implantadas entre o solo e o pavimento ou acima da laje térrea, criando desta forma uma barreira ativa no que refere à penetração do gás Radão.

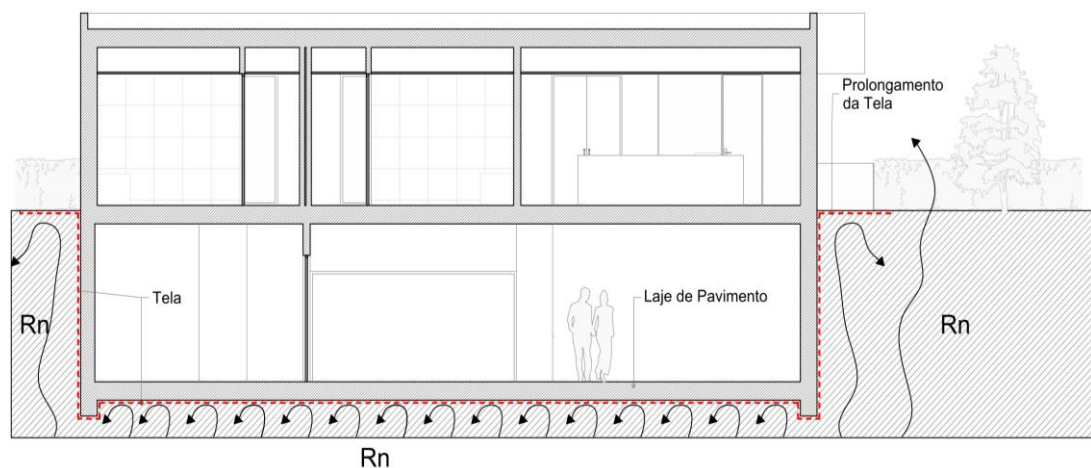


Figura 36 - Tela (anti-Radão).

5.1.3. Selagem de Superfícies (Parte inferior e superior da laje)

A selagem das superfícies, *cf* Figura 37, que separam o espaço exterior do espaço interior (pisos, atravessamentos de tubagens, juntas construtivas, etc.) melhora o desempenho de sistemas como a DAS e DPS, mas não evita que o gás Radão se infiltre através do pavimento uma vez que não impede o fluxo de ar impulsionado pela pressão. Assim sendo, em certos casos a selagem de superfícies funciona como um caso pontual, tal como o isolamento do tubo de ventilação, *cf* Figura37.

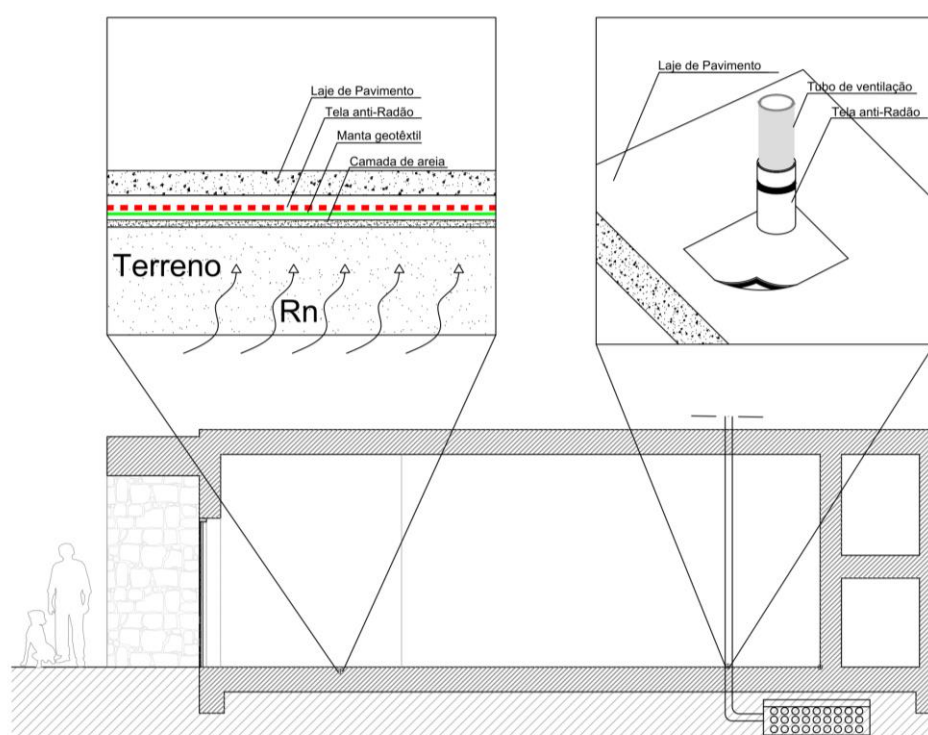


Figura 37 - Vedação de Superfícies (Parte inferior e superior da Laje).

5.1.4. Ventilação

Quando se fala em ventilação, prevê-se que caso se realize, os níveis de concentração baixem significativamente, havendo apenas a notar a correlação entre os níveis de concentração observados e o número de renovações de ar por hora. Assim sendo, verifica-se que a renovação de ar faz com que haja a

diminuição de concentração radioativa no interior dos edifícios, e que desta forma, rapidamente se consiga chegar aos valores referência pretendidos.

Consequentemente deverá ser analisada a ventilação através de duas formas distintas, tais como:

a. Caixa de ar ventilada (Desvão Sanitário)

A caixa de ar ventilada (desvão sanitário) é realizada entre o solo e o pavimento, podendo reduzir as concentrações de gás Radão no interior dos edifícios, dependendo de uma série de fatores, entre eles o facto de existir um bom isolamento entre a laje de pavimento e o local ventilado.

Este tipo de ventilação deve conter aberturas que facilitem a ventilação do “espaço livre” entre o solo e a laje de pavimento, facilitando a saída do gás lateralmente para o exterior do edifício.

No que refere a este tipo de ventilações, é possível aliar o sistema DAP de forma a poder pressurizar ou despressurizar a caixa de ar, tal como observado através do corte, *cf.* Figura 38.

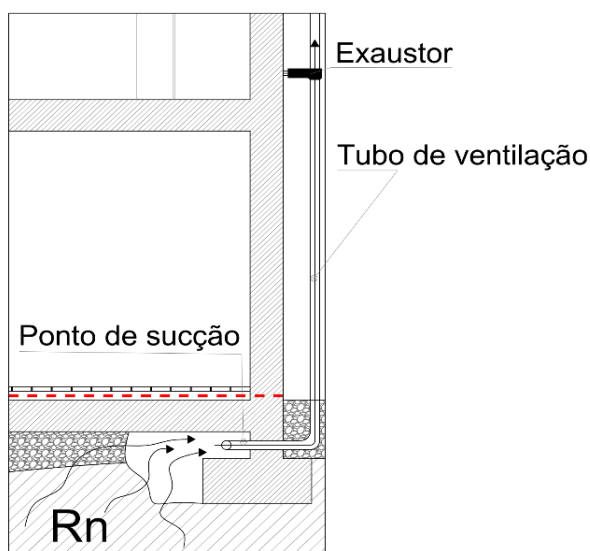


Figura 38 - Ventilação de espaços livres.

b. Ventilação de espaços ocupados

A ventilação de espaços ocupados é efetuada pelos utilizadores através da abertura dos vãos existentes, permitindo desta forma a renovação de ar no interior dos compartimentos e consequente diminuição da concentração de gás Radão.

Para que a ventilação de um espaço ocupado seja um fator eficaz na diminuição da concentração de gás Radão e em simultâneo na melhoria da QAI, dever-se-á analisar o impacto das renovações de ar com os parâmetros higrotérmicos. Esta análise permitirá avaliar a possível utilização de energia em aquecimento ou arrefecimento dos compartimentos, devido às diferenças de temperatura entre o exterior e o interior dos espaços. Deste modo quando se analisa a ventilação de espaços ocupados, *cf* Figura 39, é necessário prever que provavelmente em climas mais extremos este parâmetro não seja o mais viável em comparação com os anteriormente analisados.

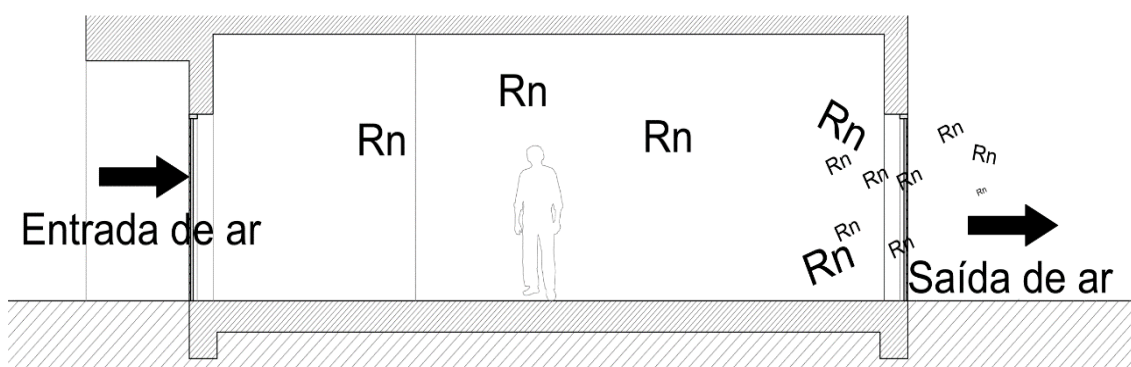


Figura 39 - Ventilação de espaços ocupados.

5.2. Medida de Mitigação Particular

Tal como verificado através do subcapítulo 5.1, existem inúmeras formas de mitigar as concentrações de gás Radão, embora não seja possível aplicá-las em qualquer situação.

No presente subcapítulo será tratado do ponto de vista qualitativo um sistema de mitigação como possível solução para a diminuição da concentração

de gás Radão na amostra considerada mais gravosa, na sequência da 1.^a e 2.^a fase do processo de instrumentação (Amostra G e M).

As figuras 40 a 43 representam o sistema de mitigação proposto tendo em vista a redução da concentração de gás Radão do compartimento em estudo.

O sistema preconizado envolve a entrada de ar limpo, captado no exterior, e saída de ar saturado, captado no interior. O sistema permite as renovações de ar necessárias, para que a diminuição da concentração de gás, dentro do compartimento, diminua para valores abaixo dos valores existentes *in situ*.

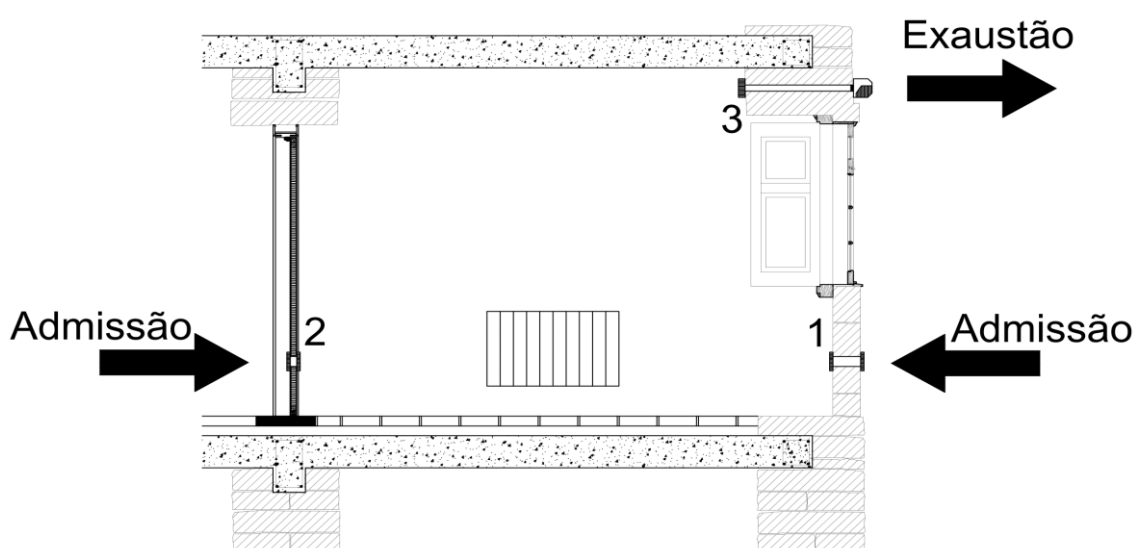


Figura 40 - Admissão e Exaustão de ar (Corte).

Tal como representado na Figura 40, a entrada de ar é realizada através de duas grelhas de ventilação (1 e 2) colocadas na parte inferior do compartimento, sendo disposto na parte superior um sistema de exaustão de ar (3). A grelha 1 colocada na zona da fachada do edifício, deverá ser de embutir na parede e do tipo autorregulável. A grelha 2 deverá ser colocada na porta do compartimento e deverá possuir as mesmas características da grelha 1, sendo que em ambas deverá ser previsto um elevado caudal de entrada de ar em conjunto com um reduzido fator acústico (atenuação acústica). Deste modo, o aparelho de exaustão deve ser calculado consoante o caudal de entrada de ar admissível pelas grelhas, não descurando o rendimento do aparelho e o caudal

necessário para que as renovações de ar sejam suficientes de forma a reduzir as concentrações de gás Radão.

A par do sistema proposto está prevista a selagem de todos os pontos possíveis de entrada e saída de ar no compartimento, tais como: portas, janelas, juntas, entre outros.

A Figura 41 é representativa do local onde serão colocados os dispositivos acima descritos e qual o impacto visual que terão na fachada do edifício e na porta do compartimento.

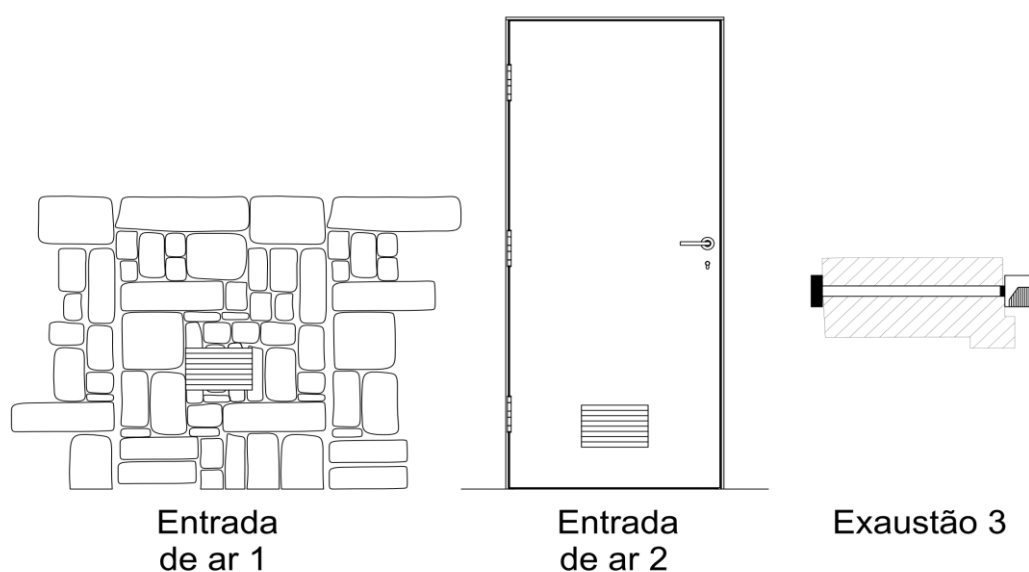


Figura 41 - Admissão e Exaustão de ar (Vista e Corte).

A medida mitigadora proposta tem como base o processo convectivo, tendo sido inspirada pelo movimento das massas de ar criado através das diferenças de temperatura.

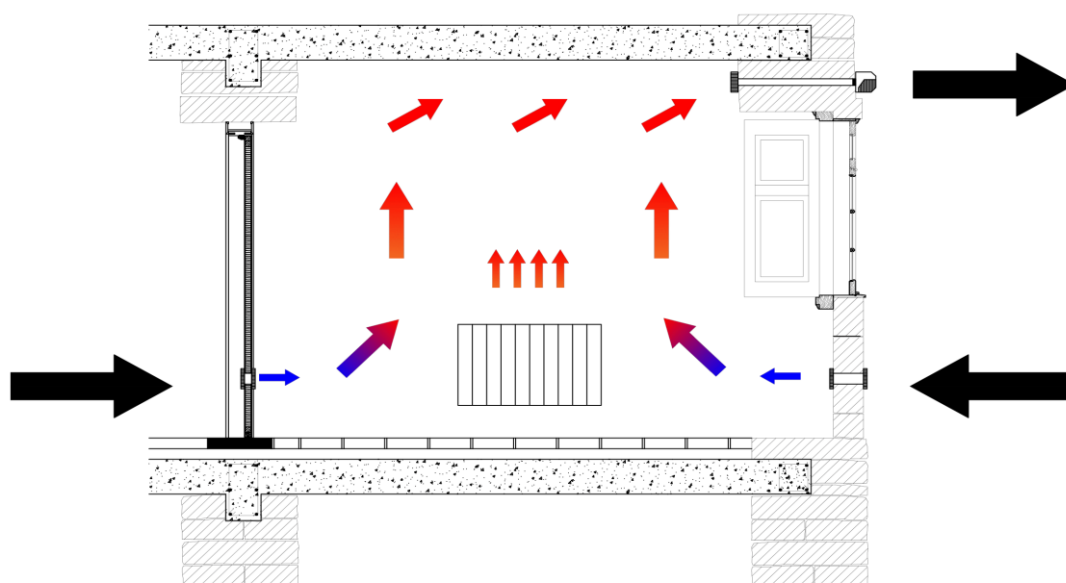


Figura 42 - Processo convectivo.

A convecção, cf Figura 42, é um fenômeno físico observado no meio gasoso onde há propagação de calor através da diferença de densidade do gás quando a sua temperatura é modificada. Quando o gás é aquecido expande, ou dilata. A matéria dilatada, torna-se menos densa, subindo acima da matéria mais fria e, conseqüentemente, mais densa.

Este processo repete-se inúmeras vezes enquanto o aquecimento é mantido dando origem às chamadas correntes de convecção. São as correntes de convecção que fazem com que as concentrações de gás Radão tendam a subir e que impulsionadas pelo sistema de exaustão, colocado na fachada do compartimento, façam com que as concentrações sejam extraídas pelo sistema implementado.

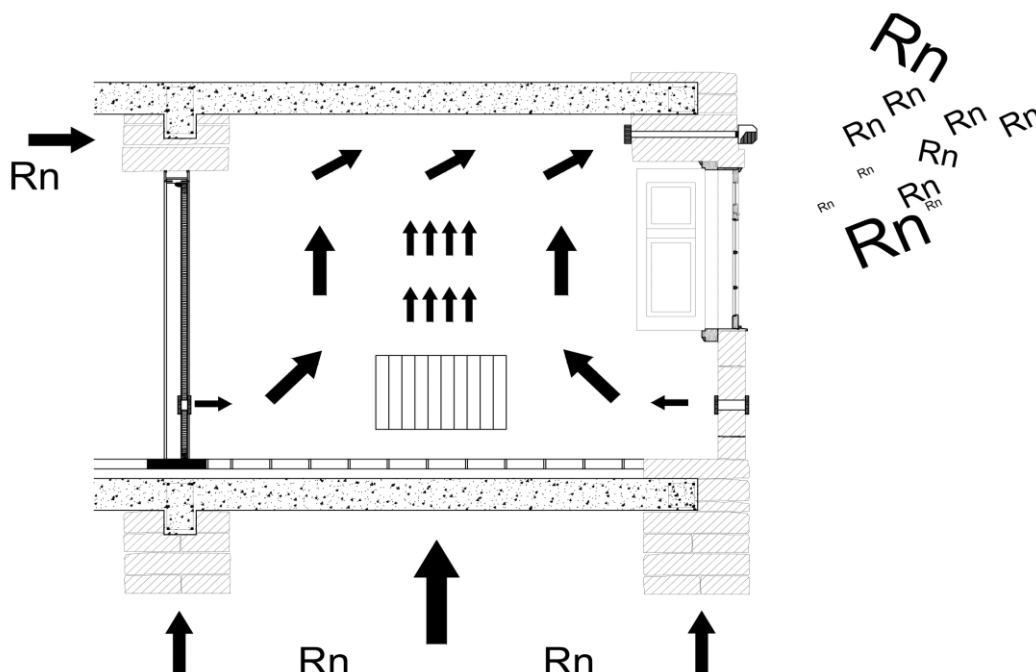


Figura 43 - Processo mitigador proposto.

A Figura 43 é representativa de todo o processo mitigador proposto, sendo visível a entrada de gás Radão para o interior do compartimento e consequente exatuação do mesmo, bem como todo o processo convectivo que lhe está associado.

De referir que o sistema mitigador proposto visa a diminuição da concentração de gás Radão no interior de um compartimento, sendo idealizada a sua eficácia durante todo o ano, em época de aquecimento e arrefecimento.

5.3. Síntese do Capítulo

No capítulo 5 foram sintetizadas em 2 métodos um conjunto de medidas mitigadoras passíveis de implementação em diversos edifícios.

O método 1 consiste na extração do gás radão do interior dos edifícios, através de processos de despressurização ou ventilação de ar. O método 2 surge como um processo de impermeabilização, concebido para dificultar a passagem de gás Radão para o interior dos edifícios

Assim sendo, a aplicação em conjunto das telas anti-radão aos sistemas de despressurização ativo/passivo (DAS/DPS) surge como uma medida mitigadora de grande impacto na redução das concentrações de gás Radão no interior dos edifícios.

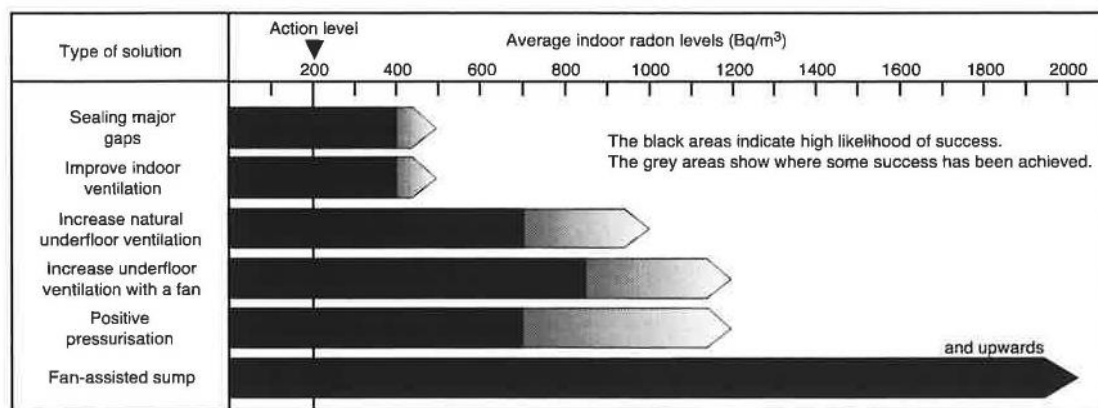


Figura 44 - Classificação de medidas mitigadoras segundo BRE. [43]

Tal como verificado através da Figura 44, retirada do guia BRE “guide to radon remedial measures in existing dwellings”, os sistemas de despressurização do solo aliados ao sistema de ventilação são a forma mais ativa no que refere à redução da concentração de gás Radão no interior dos edifícios.

Relativamente à metodologia sugerida para diminuição do impacto do gás Radão no compartimento onde se registaram as concentrações mais elevadas durante a 1ª e 2ª fase de monitorização, esta visa a redução do gás através do método convectivo, sendo este processo construtivamente viável e pouco evasivo, relativamente a outras possíveis soluções.

Importante salientar que a proposta de mitigação sugerida foi idealizada de uma forma generalista e que apenas poderá resolver as elevadas concentrações de gás Radão no compartimento em estudo, visando neste caso uma solução a jusante.

Assim sendo, e através do capítulo 5 foi possível verificar que a temática da mitigação do gás Radão é bastante complexa e abrangente, não havendo apenas uma solução para o problema, devendo ser estudados os casos de forma singular, e sempre que possível realizar a mitigação a montante, junto à fonte exalação do gás.

6. Conclusão e Desenvolvimento de Trabalhos Futuros

6.1. Conclusão

A presente dissertação teve um carácter predominantemente experimental consistindo na monitorização da concentração de gás Radão, dióxido e monóxido de carbono, de forma a caracterizar um edifício escolar à luz dos limites impostos pela legislação nacional (Portaria nº 353-A/2013) e europeia (Diretiva 2013/59/EURATOM). A par da caracterização realizou-se uma análise qualitativa da temperatura e humidade relativa do ar interior segundo os níveis considerados como ideais, tendo por base a norma ISO 7730:2005 [36] e a Portaria n.º 349-D/2013 (RECS) [38].

De acordo com os valores limites estipulados, a análise aos compartimentos da ESA permitiu apurar que 77% das amostras instrumentadas ultrapassam o valor-limite regulamentar para a concentração do gás Radão (400 Bq/m³) fixado pela Portaria nº 353-A/2013 e 82% o valor-limite segundo a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM, 300 Bq/m³.

Por intermédio da análise qualitativa realizada aos parâmetros higrotérmicos, apurou-se que a humidade relativa do ar interior registou em 75% das amostras analisadas valores enquadrados de acordo com os níveis tidos como ideais, já a temperatura do ar interior apresentou uma percentagem de apenas 44%.

Através dos valores analisados durante o estudo, salienta-se o facto das concentrações de gás Radão mais elevadas serem registadas num compartimento localizado no piso 2, durante a 1ª e 2ª fase de monitorização, devendo-se esse facto a duas possíveis razões:

- A fluxos de ar existentes internamente, criados através de diferenças de pressão de ar, que por consequência encaminham o gás até ao compartimento; [3] [9] [15] [21]
- À morfologia do compartimento, essencialmente composta por paredes interiores e exterior (fachada) em alvenaria de granito, padieiras, ombreiras e soleiras compostas pelo mesmo material. [9] [39]

Como complemento ao estudo experimental e à análise dos resultados realizada, foram apresentadas um conjunto de medidas mitigadoras, verificando-se que através dos sistemas de extração de gás e selagem de pavimentos se poderia mitigar as concentrações de gás Radão em diversos edifícios.

De forma a melhorar a qualidade do ar interior da Escola Superior Agrária, e considerando a sua tipologia e carácter patrimonial, propõe-se uma nova monitorização da concentração do gás radão, mais pormenorizada e detalhada, direccionada aos compartimentos nos quais as concentrações foram mais elevadas no estudo de diagnóstico desenvolvido.

6.2. Desenvolvimento de Trabalhos Futuros

No decorrer da presente dissertação e trabalho experimental desenvolvido foram tomadas opções que determinaram um rumo a seguir, outras opções poderiam ter sido tomadas e certamente outros resultados seriam encontrados e novas interpretações surgiriam.

Assim sendo, e no seguimento do trabalho desenvolvido, são feitas algumas sugestões de trabalho a desenvolver que visam complementar o trabalho realizado e possivelmente abrir novos percursos de investigação, nomeadamente:

- Testar a medida de mitigação particular proposta, através de um programa de simulação dinâmica (TRNSYS interligado com o COMIS ou TRNFLOW) permitindo desta forma calcular as concentrações de poluentes existentes no ar interior do edifício da Escola Superior Agrária;
- Realizar uma nova monitorização da concentração de gás Radão, mais pormenorizada e detalhada, direccionada aos compartimentos nos quais as concentrações foram mais elevadas no estudo de diagnóstico desenvolvido;
- Efetuar um estudo mais detalhado do solo de fundação do edifício de forma a justificar os menores índices de Radão nos pisos térreos.

Por último, importa salientar o facto da presente dissertação ter servido de base à produção de conhecimento científico na área, já concretizado em artigos de especialidade. Serviu também como estudo preliminar ao projeto de investigação em curso "RnMonitor: Infraestrutura de Monitorização Online e Estratégias de Mitigação Ativa do Gás Radão no Ar Interior em Edifícios Públicos da Região Norte de Portugal".

Referências Bibliográficas

- [1] Portaria n.º 353-A/2013 de 4 Dezembro.(2013).Regulamento de desempenho energético dos edifícios de Comércio e Serviços (RECS) Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior. Diário da República, 1ª Série - N.º235- 4 de dezembro de 2013.
- [2] EURATOM.(2013).Diretiva 2013/59/ EURATOM.
- [3] WHO (World Health Organization).(2009).Handbook on indoor radon: a public health perspective.
- [4] Neto, M.(2015).Qualidade do ar interior e os requisitos de ar novo numa unidade hospitalar: O caso do Hospital Escola Fernando Pessoa. Porto: Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa.
- [5] Godinho, M.M., Neves, L.J.P.F., Pereira, A.J.S.C.(1999).O GÁS RADÃO-UM INIMIGO PÚBLICO...MAS NÃO NA CIDADE DE COIMBRA, Actas do II Colóquio de Geografia de Coimbra Nº Especial de "Cadernos de Geografia", pp.65-70.
- [6] LUSORADON.(2015).Especialistas na medição e mitigação do Radão. Disponível em <https://www.lusoradon.com/mapa-de-radao-de-portugal?lightbox=c1yvp>
- [7] ITN, I. T.(2011).Radão um Gás radiactivo de origem natural. Disponível em www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps
- [8] Madureira, J., Paciência, I., Rufo, J., Moreira, A., Fernandes, E.O., Pereira, A.(2016). Radon in indoor air of primary schools: determinant factors, their variability and effective dose. Environ Geochem Health 38, pp.523–533.

- [9] Robé, M.C. Étude et traitement des situations impliquant du radon. I.R.S.N. – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. Disponible em : <https://www.asn.fr>
- [10] Métivier H., Robé M-C.(1999).Le radon del'environnement à l'homme Collection Livre IPSN. EDP Sciences.
- [11] EPA.(2001).Building Radon Out. A Step-by-Step Guide On How to Build Radon-Resistent Homes.
- [12] EEA.(2013).European Indoor Radon map, December 2011. Disponible em <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/european-indoor-radon-map-december-2011/fancybox.html>
- [13] HPA.(2010).Limitation of Human Exposure to Radon. London: Health Protection Agency. Disponible em <http://wordpress.mrreid.org/2011/12/28/radiation-in-the-uk/>
- [14] CSN.(2013).El mapa predictivo de exposiciónal radón en España. Disponible em https://edificacionpolitecnico.blogspot.pt/2017/09/radon-sin-control-en-los-edificios_11.html
- [15] Collignan,B. & Powaga,E.(2017).Impact of ventilation systems and energy savings in a building on the mechanisms governing the indoor radon activity concentration.
- [16] Santé-Radon.(2017).Se protéger du radon, simplement. Disponible em Le radon et la législation: <http://www.sante-radon.com/le-radon/la-legislation-concernant-le-radon#departements-proritaires-radon>
- [17] Branco, Nunes, Alvim-Ferraz, Martins & Sousa.(2016).Children's Exposure to Radon in Nursery and Primary Schools.

- [18] Krewski D.(2005).Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*, 16:137-145.
- [19] Krewski D.(2006).A combined analysis of North American case-control studies of residentialradon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A*, 69:533-597.
- [20] Lubin JH .(2004).Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer*, 109:132-137.
- [21] Antão,A.M.(2014).Assessment of Radon Concentrations Inside a High School Building in Guarda (Portugal): Legislation Implications and Mitigation Measures Proposed.
- [22] Smetanová, Mullerová, Holý, Moravcsík, Kovács, Csordás, Neznal, Neznal, Kozak, Mazur & Grzadziel.(2015).The results of integration measurements of indoor radon activity concentration in houses in Ruzomberok town (Northern Slovakia). *Contributions to Geophysics and Geodesy Vol. 45/1* (pp.41-51).
- [23] Quindós, L.S., Fernández, P.L., Gómez, J., Sainz, C., Fernández, J.A., Suarez, E., Matarranz, J.L., Cascón, M.C.(2004).Natural gamma radiation map (MARNA) and indoor radon levels in Spain. *Environment International* 29, pp.1091e1096.
- [24] Llerena, J.J., Cortina, D. , Durán, I. & Sorribas R.(2010).²²²Rn concentration in public secondary schools in Galicia (Spain).
- [25] Teixeira, C.(1976).Acerca da Idade das Rochas Graníticas Portuguesas. *Volume de homenagem ao Prof Don. Isidro Pondal*.

- [26] ADENE, A.(2009).Nota Técnica NT-SCE-02. Metodologia para auditorias da QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE.
- [27] Corentium AS.(2015).*Digital Radon Monitor System - User Manual*. Obtido de Canary pro: <https://s3.amazonaws.com/airthings-com/wp-content/uploads/2017/02/28124117/Corentium-Pro-Monitor-gri-Manual-English.pdf>
- [28] TSI Instruments, UK.(2016).VELOCICALC AIR VELOCITY METER MODEL 9565 SERIES OPERATION AND SERVICE MANUAL. Obtido de TSI:http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Manuals/9565-VelociCalc-6004851-web.pdf
- [29] Teixeira, C., Medeiros, A.C.(1972).Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000-Folha 05-A (Viana do Castelo). Serviços Geológicos de Portugal.
- [30] Teixeira, C., Medeiros, A.C.(1972).Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000. Notícia explicativa da Folha 5-A (Viana do Castelo). Serviços Geológicos de Portugal.
- [31] Pereira, E., Carvalho, G. S., Noronha, F., Ferreira, N., Monteiro, J., Ribeiro, A. (1989) - Carta Geológica de Portugal na escala 1/200000-Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- [32] Carvalho, F.(9 de setembro de 2006).Radão e Edifícios. Qualidade do Ar Interior. Obtido de <http://revistas.ua.pt/index.php/captar/article/viewFile/2716/2568> .
- [33] LAO, K.Q.(1990).Controlling indoor Radon – Measurement, Mitigation and Prevention. Van Nostrand Reinhold, New York, 2720.

- [34] Darby S.(2005).Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*, 330(7485):223- 227.
- [35] Darby S.(2006).Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health*, 32 Suppl1:1-83.
- [36] ISO 7730:2005.(2005).Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. *Internacional Organization for Standard*.
- [37] Field R.(2005).Current national and international radon-related scientific activities and educational initiatives. *Fifteenth National Radon Meeting, Council of Radon Control Programme Directors, San Diego, California*.
- [38] Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro.(2013).Diário da República, 1.ª série — N.º 233 — 2 de dezembro de 2013.
- [39] Diallo, T.M.O., Collignan, B., Allard, F.(2013).Analytical quantification of air flows entering through building substructures. *Build. Simul.* 6, 81e94.
- [40] Sensor (Canary Pro Series). Acedido a 8 de junho de 2017.Obtido de [https://www.picclickimg.com/00/s/MTYwMFgxMjc5/z/jUYAAOxyIPNTc8~f/\\$/Canary-Corentium-Digital-Electronic-Radon-Gas-Monitor- 57.jpg](https://www.picclickimg.com/00/s/MTYwMFgxMjc5/z/jUYAAOxyIPNTc8~f/$/Canary-Corentium-Digital-Electronic-Radon-Gas-Monitor- 57.jpg)
- [41] Sonda (VelociCalc 9565-P com Probe 982). Acedido a 8 de junho de 2017. Obtido de <http://www.mitchellinstrument.com/tsi-9565-x-iaq-value-kit-q-trak-7575.html>

- [42] Despacho n.º 15793-K/2013. (2013). Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho. Diário da República, II Série - N.º234- 3 de dezembro de 2013.
- [43] Scivyer, C.R., Jaggs, P.R. (1998). A BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings. Dwellings with cellars and basements. Obtido de http://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_11804.pdf

ANEXOS

Anexo I - Ficha de Monitorização Tipo



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício _____

Local (município) _____

Altitude do local (m) _____ Número de fachadas expostas ao exterior _____

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---	----	----	----	----

Fração em estudo _____ Número de fachadas expostas ao exterior _____

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo _____

Área útil(m²) _____ Pé-direito (m) _____

Data (início) __/__/__ Data (fim) __/__/__

Hora (início) __:__:__ Hora (fim) __:__:__

Croqui/Planta da fração

Legenda:



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização S / N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado S / N Quantidade _____
- Acumulador de calor S / N Quantidade _____
- Ar condicionado S/ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Radiadores a óleo S / N Quantidade _____
- Radiadores de infravermelhos S / N Quantidade _____
- Conectores S / N Quantidade _____
- Termoventiladores S / N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação S / N

- Janelas S / N Quantidade ____ Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) ____
- Portas S / N Quantidade ____ Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) ____
- Chaminé S / N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

[illegible]

A fração foi ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S / N	Microrganismos – bactérias S / N
Monóxido de Carbono S / N	Microrganismos – fungos S / N
Ozono S / N	Temperatura interna S / N
Humidade relativa (interna) S / N	Temperatura externa S / N
Humidade relativa (externa) S / N	Partículas Suspensas no ar S / N
Formaldeído S / N	Legionella S / N
Compostos orgânicos voláteis S / N	Radão S / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar		0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono		2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono		10 mg/m ³
Ozono		0,20 mg/m ³
Formaldeído		0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis		0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias		500 UFC
Microrganismos – fungos		500 UFC
Legionella		100 UFC
Radão		400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Anexo II - Amostra A



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Gabinete técnico Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
✓							

Piso da fração em estudo Piso 0

Área útil(m²) 38.00 Pé-direito (m) 4.10

Data (inicio) 29/04/2017 Data (fim) 06/05/2017

Hora (inicio) 10:51 Hora (fim) 09:51

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 38,00 m²
 Pé-direito = 4,10 m
 Volume = 155,80 m³

● Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- | | |
|--|---------------------------------|
| • Sistema centralizado S / <input type="text"/> | Quantidade <input type="text"/> |
| • Acumulador de calor S / <input type="text"/> | Quantidade <input type="text"/> |
| • Ar condicionado S / <input type="text"/> | Quantidade <input type="text"/> |
| • Lareira elétrica S / <input type="text"/> | Quantidade <input type="text"/> |
| • Outro sistema de climatização S / <input type="text"/> | |
| • Qual? <input type="text"/> | Quantidade <input type="text"/> |

Sistemas Móveis

- | | |
|---|---------------------|
| • Radiadores a óleo S / N | Quantidade <u>1</u> |
| • Radiadores de infravermelhos S / N | Quantidade _____ |
| • Conectores S / N | Quantidade _____ |
| • Termoventiladores S / N | Quantidade _____ |
| • Aquecimento de halógeno S / N | Quantidade _____ |
| • Aquecedores a gás (catalíticos) S / N | Quantidade _____ |
| • Outro sistema de climatização S / N | |
| • Qual? | Quantidade _____ |

A fração será climatizada durante a medição? ☒ S/ ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

Sim, caso haja algum dia com temperaturas baixas.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? ☒ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

Sim, haverá ventilação diária consoante a ocupação do espaço, normalmente a fração é ventilada através da abertura da porta e janela.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
02 05/2017	Manhã	09:00 / 12:00	Abertura de Porta	1
02 05/2017	Tarde	13:00 / 17:00	Abertura de Porta	1
03 05/2017	Manhã	09:00 / 12:00	Abertura de Porta	1
03 05/2017	Tarde	13:00 / 17:00	Abertura de Porta	1
04 05/2017	Manhã	09:00 / 12:00	Abertura de Porta	1
04 05/2017	Tarde	13:00 / 17:00	Abertura de Porta	1
05 05/2017	Manhã	09:00 / 12:00	Abertura de Porta	1
05 05/2017	Tarde	13:00 / 17:00	Abertura de Porta	1
__ / __ / __				
__ / __ / __				
__ / __ / __				
__ / __ / __				
__ / __ / __				
__ / __ / __				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(*sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.*)

~~A fração monitorizada apresenta sinais de humidade (eflorescências salinas), como pode ser observado através da visualização do registo fotográfico;~~

Portas: Caixilharia de madeira e vidro simples, dupla folha, tipo batente;

Portadas: Caixilharia de madeira;

Janelas: Caixilharia de madeira e vidro simples, tipo - batente;

Espessura média de paredes exteriores com 1.5 m, soleira, padieira e ombreira constituídas por elementos de granito à vista. Teto em formato de abóbada composto por tijolo de burro.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior


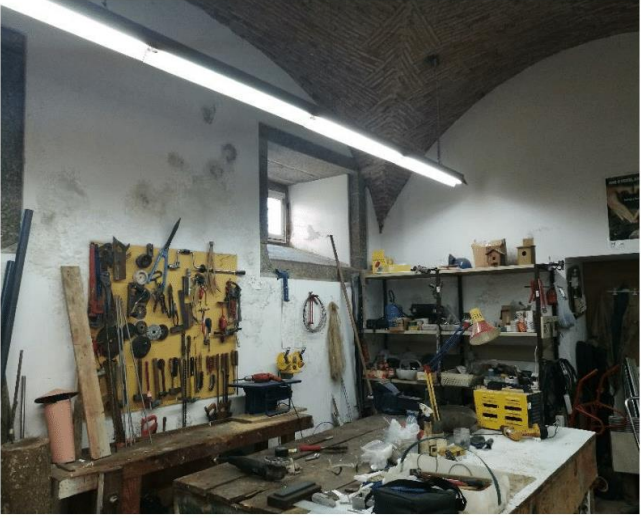
Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	_____	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	_____	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	_____	10 mg/m ³
Ozono	_____	0,20 mg/m ³
Formaldeído	_____	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	_____	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	_____	500 UFC
Microrganismos – fungos	_____	500 UFC
Legionella	_____	100 UFC
Radão	281.70	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 1	Descrição
	Gabinete técnico (Interior 1)
Foto nº2	Descrição
	Gabinete técnico (Interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 3	Descrição
	Gabinete técnico (Exterior 1)
Foto nº	Descrição
Observações:	

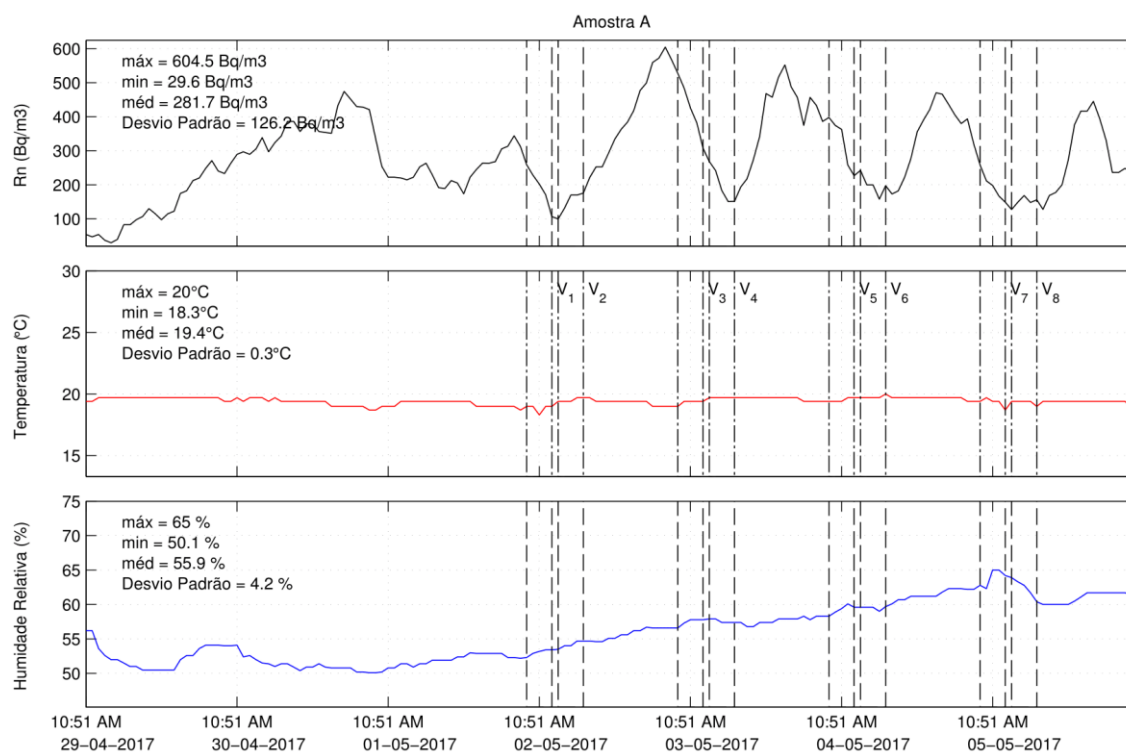


Gráfico 29 - Amostra A (Radão).

Anexo III - Amostra B



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Sala de estudo Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N ✓	S	E	O	NO	NE	SO	SE
-----	---	---	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo Piso 0

Área útil(m²) 21,00 Pé-direito (m) 4,10

Data (inicio) 29/04/2017 Data (fim) 06/05/2017

Hora (inicio) 10:57 Hora (fim) 09:57

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 21,00 m ²	● Sensor - Radão
Pé-direito = 4,10 m	● Sensor - CO ₂
Volume = 86,10 m ³	● Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado S / N Quantidade _____
- Acumulador de calor S / N Quantidade _____
- Ar condicionado S / N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / N Quantidade _____
- Conectores S / N Quantidade _____
- Termoventiladores S / N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

Sim, a fração será ventilada pelos utilizadores.

À data da colocação das sondas o vão envidraçado encontrava-se aberto, ficando pelo menos dessa forma todo o fim de semana.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
29/04/2017	Manhã/Tarde/Noite	24 h	Abertura de Janela	1
29/04/2017	Manhã/Tarde/Noite	24 h	Abertura de Janela	1
03/05/2017	Tarde	14:30 / 18:00	Abertura de Janela	1
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(*sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.*)

A fração monitorizada apresenta sinais de humidade (eflorescências salinas), como pode ser observado através da visualização do registo fotográfico; Sensação de humidade alta;

Portas: Caixilharia de madeira e vidro simples, dupla folha, tipo batente;

Portadas: Caixilharia de madeira;

Janelas: Caixilharia de madeira e vidro simples, tipo basculante;

Espessura média de paredes exteriores com 1.5 m, soleira, padieira e ombreira constituídas por elementos de granito à vista. Teto em formato de abóbada composto por tijolo de burro.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior


Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1309.78	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.29	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	137.20	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 4	Descrição
	Sala de estudo (interior 1)
Foto nº 5	Descrição
	Sala de estudo - eflorescências salinas (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 6	Descrição
	Sala de estudo - teto em formato de abóbada de arestas composto por tijolo de burro (interior 3)
Foto nº	Descrição
Observações:	

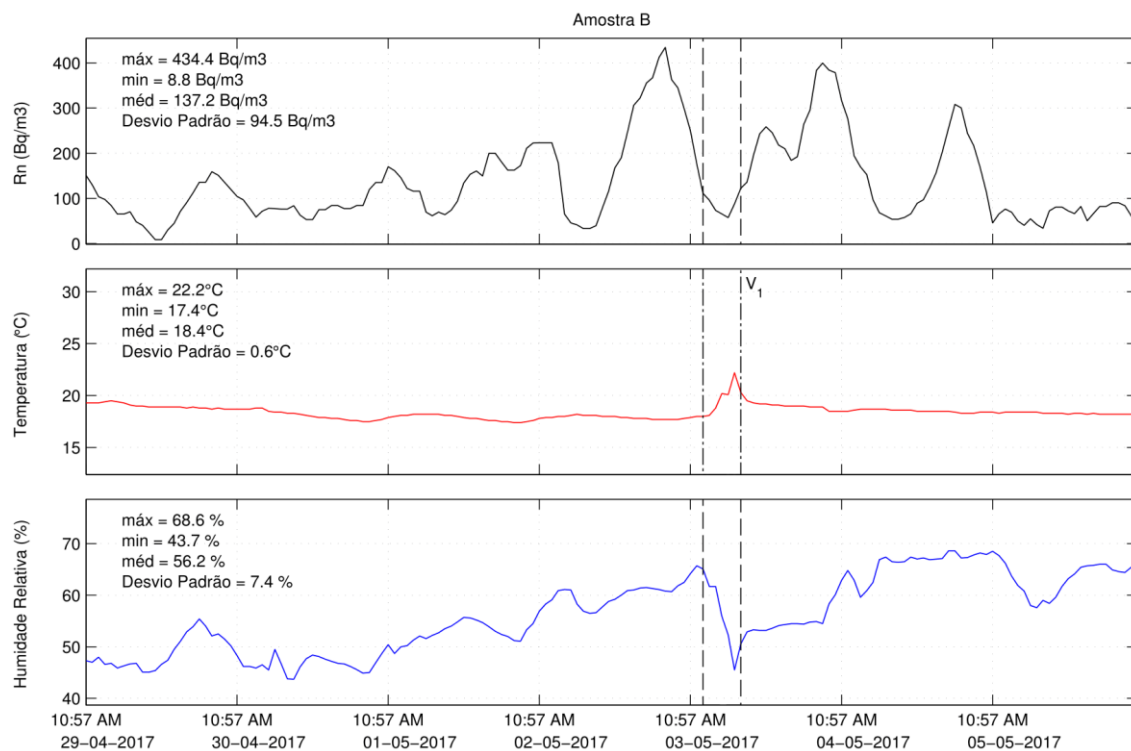


Gráfico 30 - Amostra B (Radão).

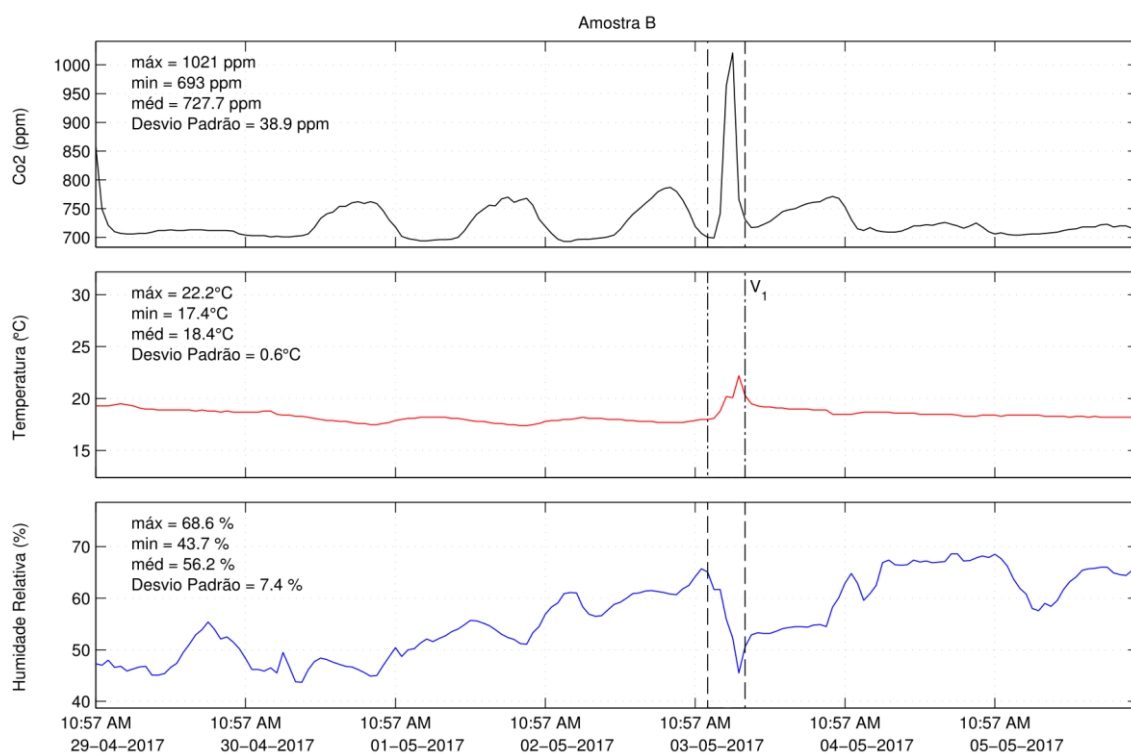


Gráfico 31 - Amostra B (Dióxido de Carbono).

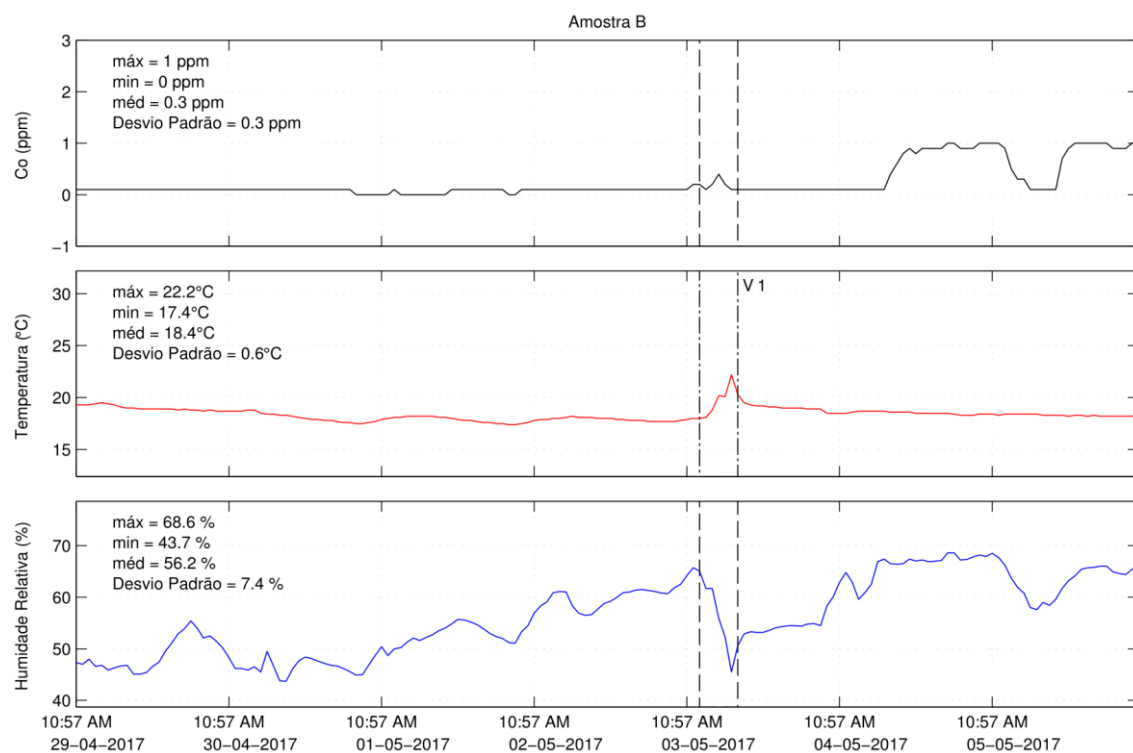


Gráfico 32 - Amostra B (Monóxido de Carbono).

Anexo IV - Amostra C



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66

Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Secretaria

Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N	S ✓	E	O	NO	NE	SO	SE
---	-----	---	---	----	----	----	----

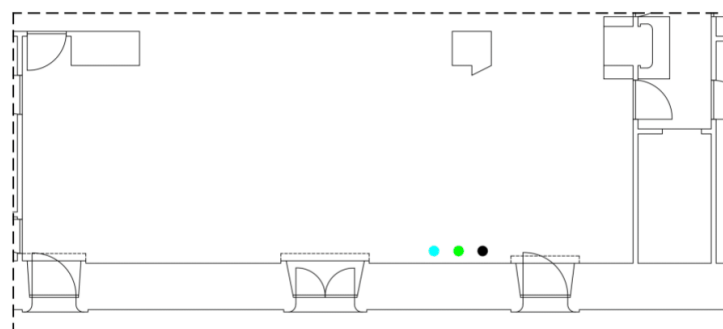
Piso da fração em estudo subpiso 0/1

Área útil(m²) 50.86 Pé-direito (m) 2.50

Data (inicio) 06/05/2017 Data (fim) 13/05/2017

Hora (inicio) 11:22 Hora (fim) 09:22

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 50,86 m²

Pé-direito = 2,50 m

Volume = 127,15 m³



Sensor - Radão



Sensor - CO₂



Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização S/ N

Sistemas Fixos

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| • Sistema centralizado S / N | Quantidade <u>3</u> |
| • Acumulador de calor S / N | Quantidade _____ |
| • Ar condicionado S / N | Quantidade _____ |
| • Lareira elétrica S / N | Quantidade _____ |
| • Outro sistema de climatização S / N | Quantidade _____ |
| • Qual? _____ | Quantidade _____ |

Sistemas Móveis

- | | |
|--|---------------------|
| • Irradiadores a óleo S / N | Quantidade _____ |
| • Irradiadores de infravermelhos S / N | Quantidade _____ |
| • Conectores S / N | Quantidade _____ |
| • Termoventiladores S / N | Quantidade <u>2</u> |
| • Aquecimento de halógeno S / N | Quantidade _____ |
| • Aquecedores a gás (catalíticos) S / N | Quantidade _____ |
| • Outro sistema de climatização S / N | |
| • Qual? | Quantidade _____ |

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização dos sistemas móveis de climatização.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas S / ☒ N Quantidade ____ Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 5 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Sinais de humidade idênticos aos anteriormente verificados, embora não tão pronunciados;

Portas: Caixilharia de madeira e vidro simples, dupla folha, tipo batente;

Paredes de pedra granítica de elevada espessura, revestidas a argamassa de cimento e pintadas a tinta plástica;

Portadas: Caixilharia de madeira.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S/N	Microrganismos – bactérias S/N
Monóxido de Carbono S/N	Microrganismos – fungos S/N
Ozono S/N	Temperatura interna S/N
Humidade relativa (interna) S/N	Temperatura externa S/N
Humidade relativa (externa) S/N	Partículas Suspensas no ar S/N
Formaldeído S/N	Legionella S/N
Compostos orgânicos voláteis S/N	Radão S/N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior


Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1699.93	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	1.02	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	721.20	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 7	Descrição
	Secretaria (interior 1)
Foto nº 8	Descrição
	Secretaria (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 9	Descrição
	Secretaria, porta exterior (exterior 1)
Foto nº	Descrição
Observações:	

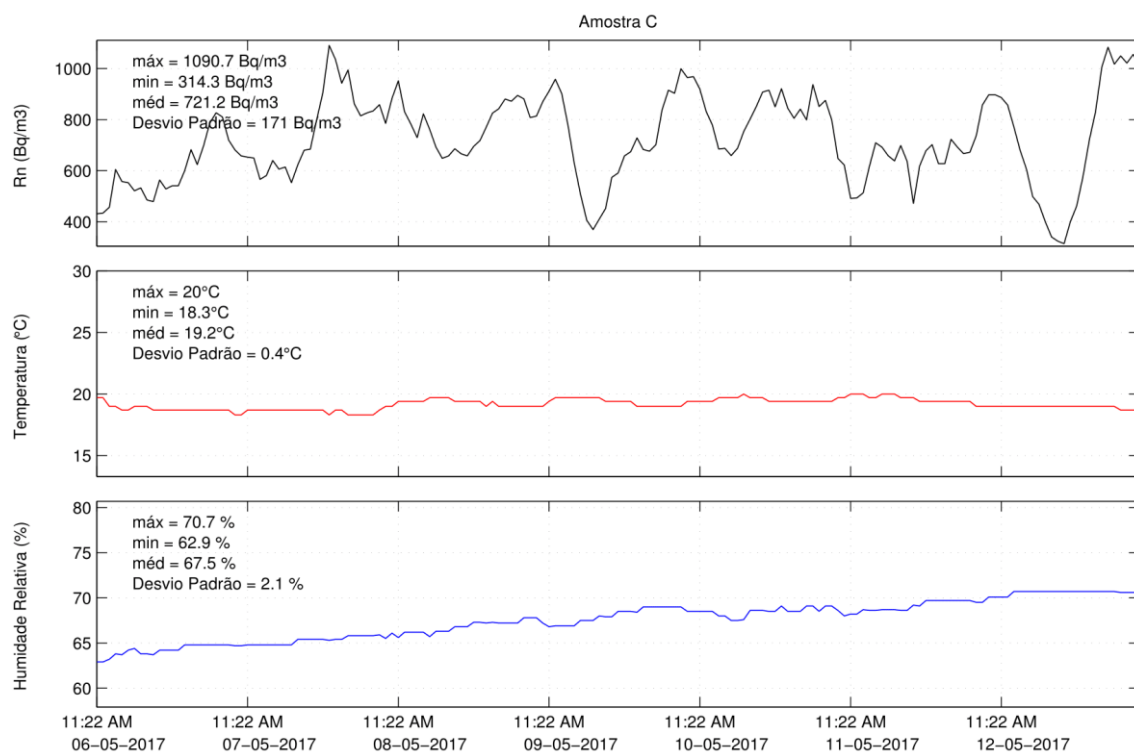


Gráfico 33 - Amostra C (Radão).

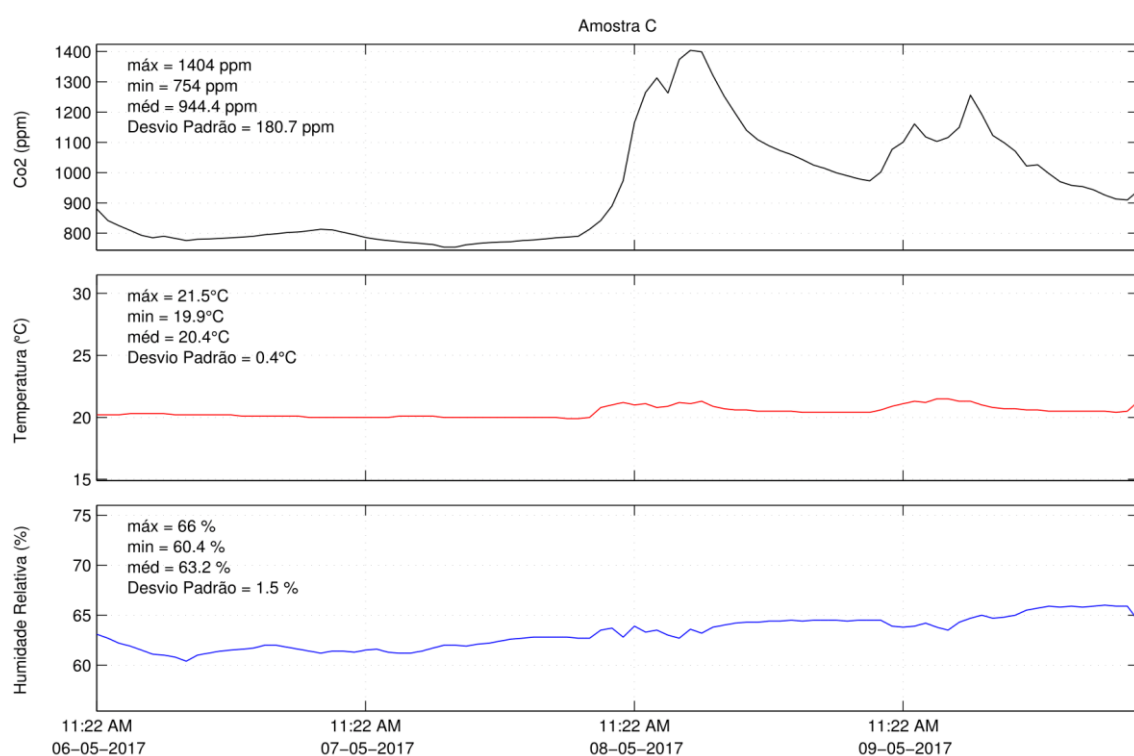


Gráfico 34 - Amostra C (Dióxido de Carbono).

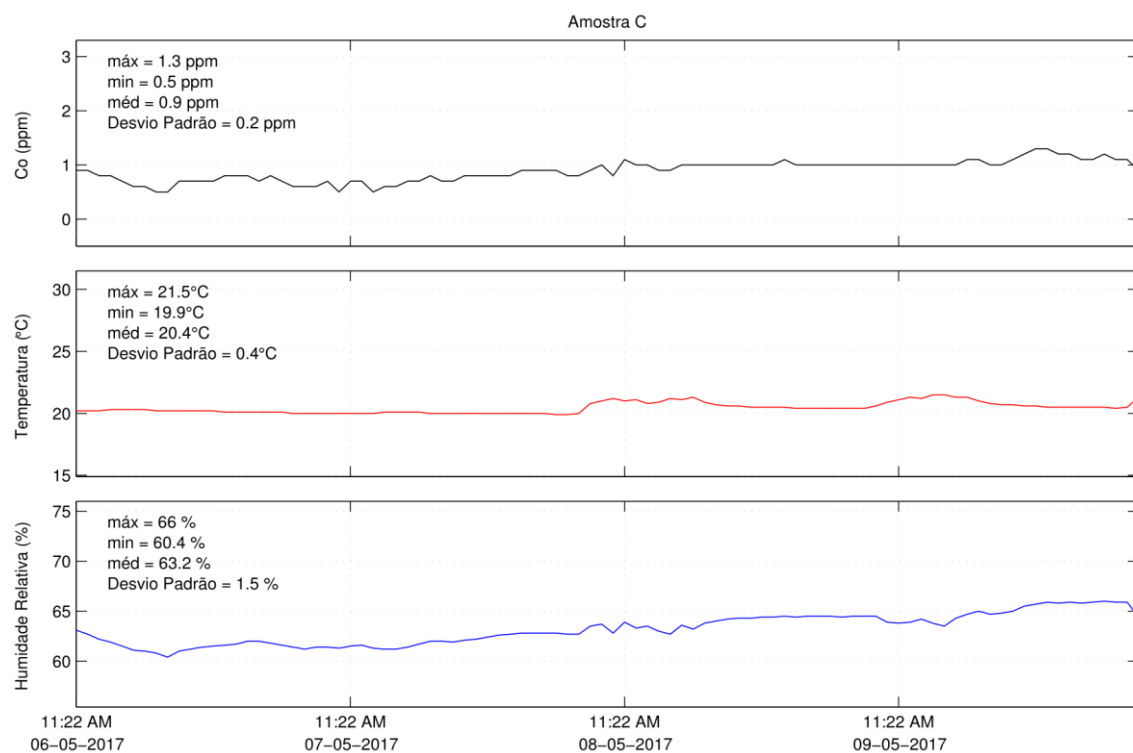


Gráfico 35 - Amostra C (Monóxido de Carbono).

Anexo V - Amostra D



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Sala de Reunião Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

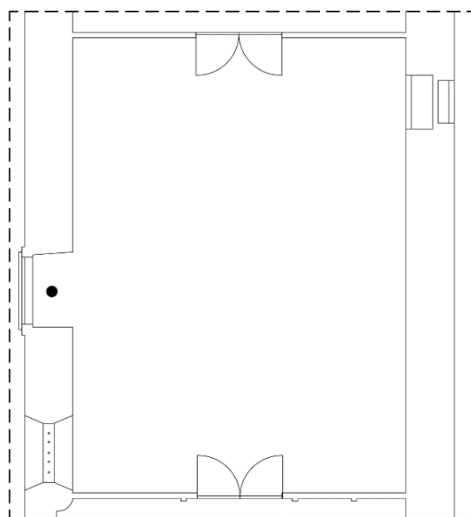
Piso da fração em estudo 1

Área útil(m²) 53.90 Pé-direito (m) 3.75

Data (inicio) 06/05/2017 Data (fim) 13/05/2017

Hora (inicio) 11:41 Hora (fim) 09:41

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 53,90 m²
Pé-direito = 3,75 m
Volume = 202,13 m³

● Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☐ S / ☐ N Quantidade 2
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo ☐ S / ☐ N Quantidade 1
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 3 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Relativamente a sinais de humidade a fração em estudo não denota sinais evidentes de humidade.

Verificação de odor característico de um espaço fechado à data da monitorização;

Lajedo de granito, paredes em alvenaria de granito revestidas a argamassa de cimento com pintura a tinta plástica, soleiras, padieiras e obreiras em granito e teto estucado a cal.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior


Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/>	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/>
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/>	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/>
Ozono S / <input type="checkbox"/>	Temperatura interna <input type="checkbox"/> / N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> / N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/>
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/>	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/>
Formaldeído S / <input type="checkbox"/>	Legionella S / <input type="checkbox"/>
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/>	Radão <input type="checkbox"/> / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	569.10	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 10	Descrição
	Sala de Reuniões (interior 1)
Foto nº 11	Descrição
	Sala de Reuniões (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 12	Descrição
	Sala de Reuniões - Fontanário (interior 3)
Foto nº	Descrição
Observações:	

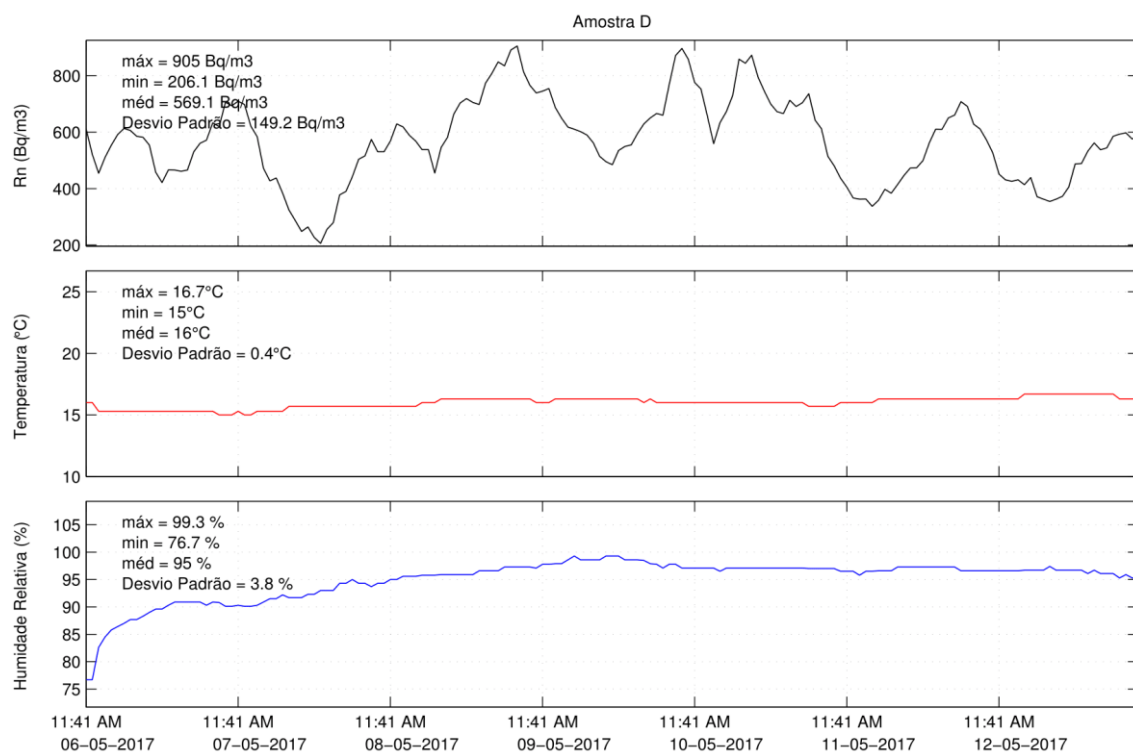


Gráfico 36 - Amostra D (Radão).

Anexo VI - Amostra E



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O <input checked="" type="checkbox"/>	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---------------------------------------	----	----	----	----

Fração em estudo Biblioteca Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O <input checked="" type="checkbox"/>	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---------------------------------------	----	----	----	----

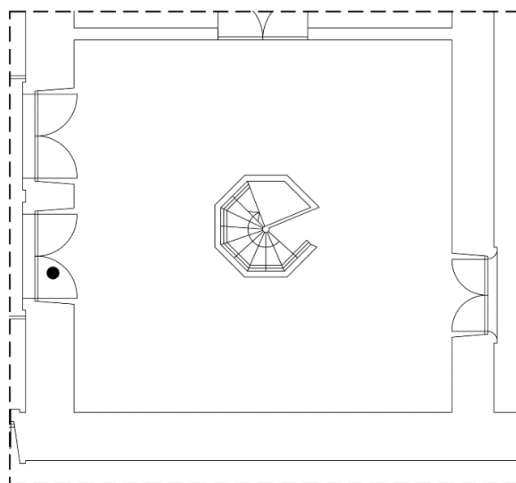
Piso da fração em estudo 4

Área útil(m²) 41.89 Pé-direito (m) 4.00

Data (inicio) 13/05/2017 Data (fim) 20/05/2017

Hora (inicio) 11:28 Hora (fim) 09:28

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 41,89 m²
Pé-direito = 4,00 m
Volume = 167,56 m³



Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☐ S / ☐ N Quantidade 2
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☐ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização dos sistemas existentes.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas S / ☒ N Quantidade ____ Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) ____
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 3 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☐ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Pavimento em soalho de madeira e teto revestido a elementos de estuque tradicional:

Portas exteriores em caixilharia de madeira de abrir com vidro simples e porta interior em madeira altamente permeáveis ao ar (classe1):

A implantação da sonda, deu-se junto à portada que se encontra voltada a oeste relativamente à orientação da sala e do edifício em estudo.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/>	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/>
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/>	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/>
Ozono S / <input type="checkbox"/>	Temperatura interna <input type="checkbox"/> / N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> / N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/>
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/>	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/>
Formaldeído S / <input type="checkbox"/>	Legionella S / <input type="checkbox"/>
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/>	Radão <input type="checkbox"/> / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	642.20	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 13	Descrição
	Biblioteca, fração monitorizada (interior 1)
Foto nº 14	Descrição
	Biblioteca, fração monitorizada (interior 2)
Observações:	

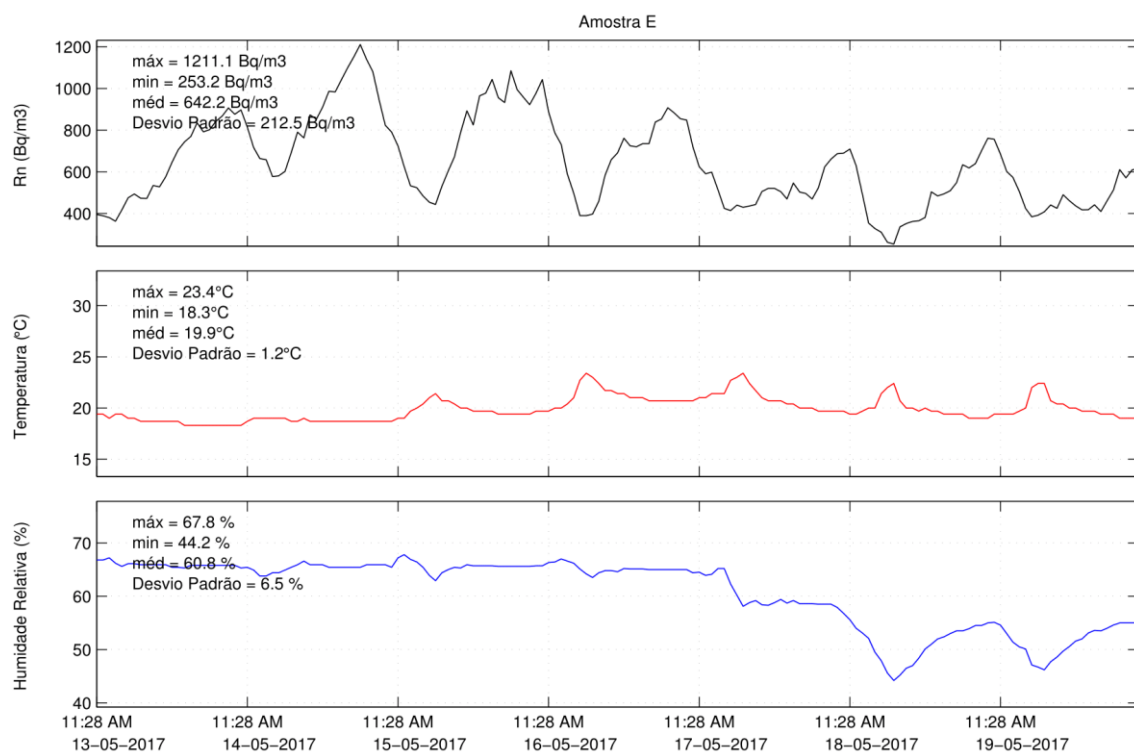


Gráfico 37 - Amostra E (Radão).

Anexo VII - Amostra F



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Sala CIG Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E ✓	O	NO	NE	SO	SE
---	---	-----	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo Piso 3

Área útil(m²) 35.45 Pé-direito (m) 3.50

Data (inicio) 13/05/2017 Data (fim) 20/05/2017

Hora (inicio) 12:00 Hora (fim) 09:00

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 35,45 m ²	● Sensor - Radão
Pé-direito = 3,50 m	● Sensor - CO ₂
Volume = 124,10 m ³	● Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 2
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo ☒ S / ☐ N Quantidade 1
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / N

- Janelas ☒ S / N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado relativo ao excesso de utilizadores do espaço se proceda à ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes externas e internas com espessuras elevadas constituídas por pedra granítica

e revestidas internamente a argamassa de cimento pintada tinta branca;

Paredes divisórias internas em tijolo revestidas de igual forma;

Vãos da sala, são compostos por madeira e vidro, existindo uma porta interna de madeira e uma janela exterior de guilhotina com caixilharia de madeira e vidro simples em que ambas são de elevada permeabilidade ao ar.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior



Dióxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Ozono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Legionella S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1815,61	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.14	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	525.60	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 15	Descrição
	Sala CIG (interior 1)
Foto nº 16	Descrição
	Sala CIG (exterior 1)
Observações:	

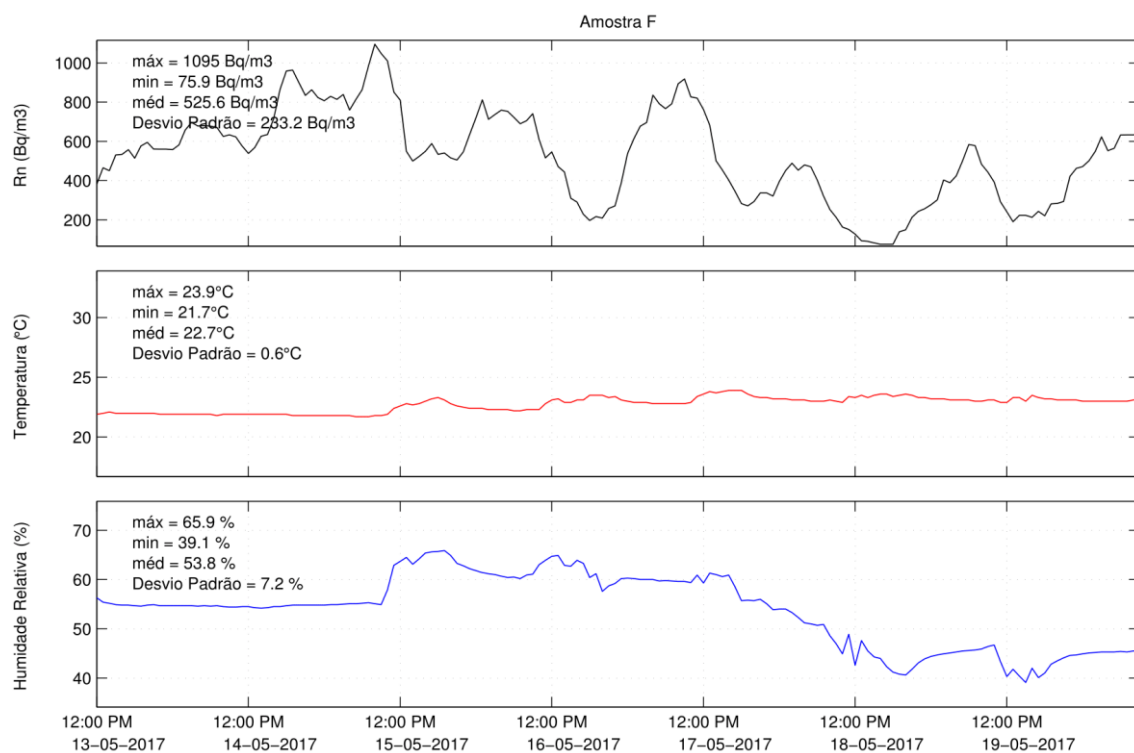


Gráfico 38 - Amostra F (Radão).

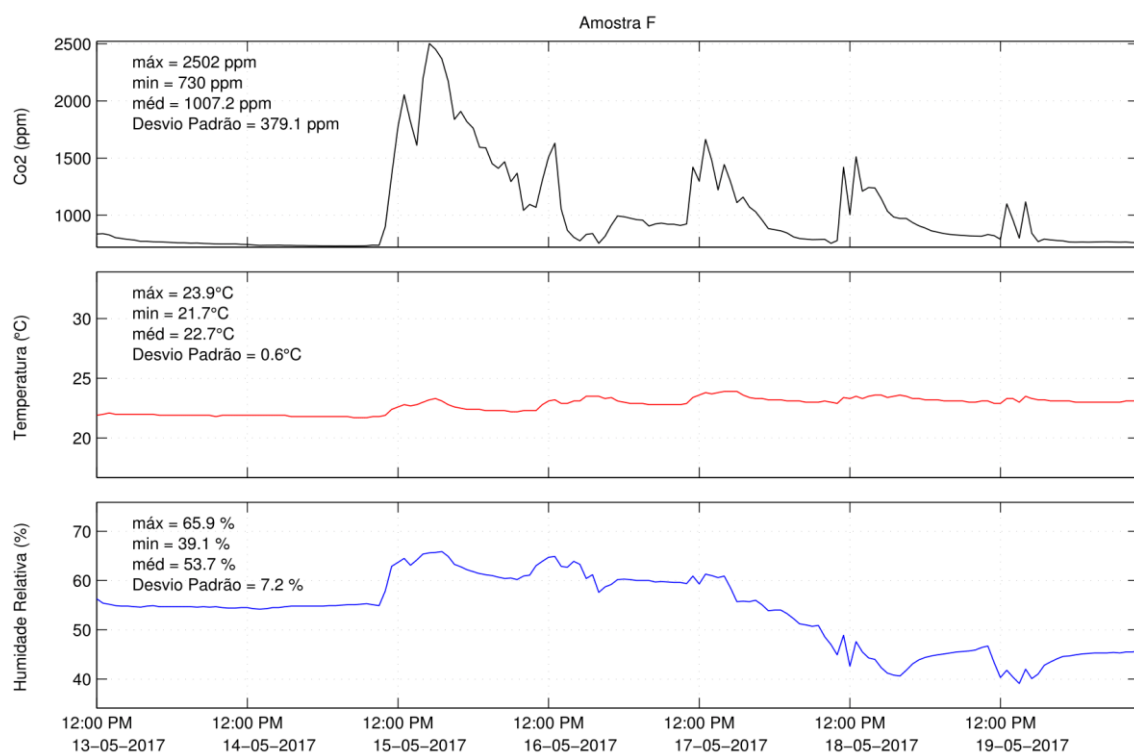


Gráfico 39 - Amostra F (Dióxido de Carbono).

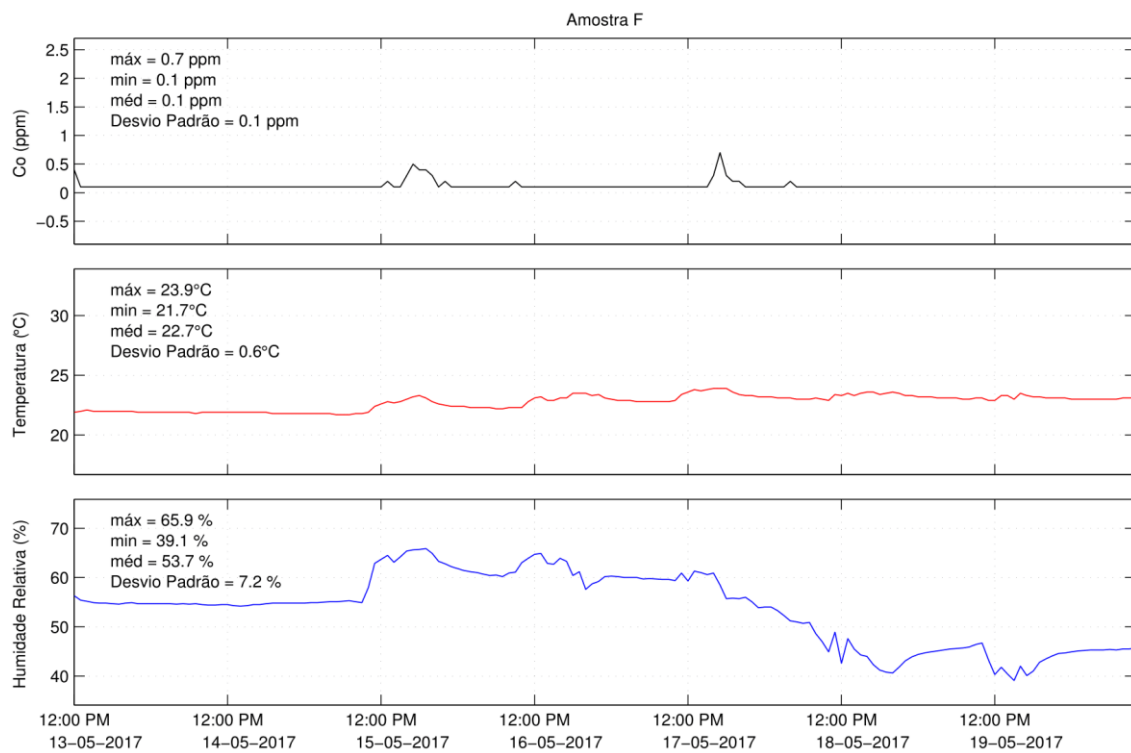


Gráfico 40 - Amostra F (Monóxido de Carbono).

Anexo VIII - Amostra G



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Gabinete 305 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
	✓						

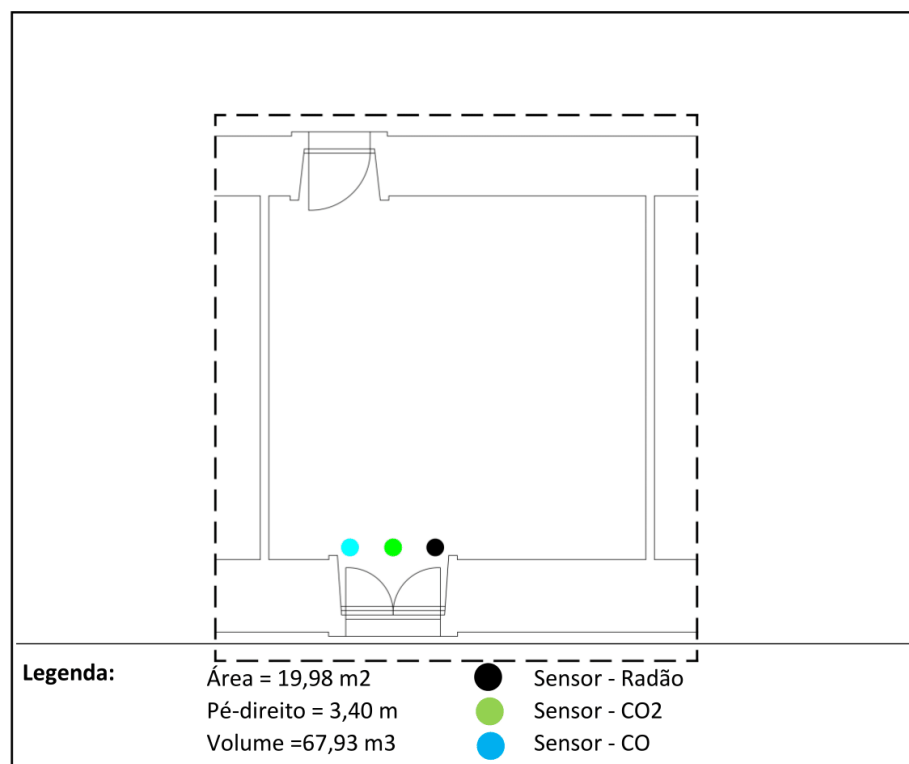
Piso da fração em estudo Piso 2

Área útil(m²) 19.98 Pé-direito (m) 3.40

Data (inicio) 20/05/2017 Data (fim) 27/05/2017

Hora (inicio) 11:20 Hora (fim) 09:20

Croqui/Planta da fração





Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 1 _____
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☒ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S/☒N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒S/☐N

- Janelas ☒S/☐N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒S/☐N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S/☒N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S/☒N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S/☒N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S/☒N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S/☒N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

Sim, segundo os utilizadores a fração em estudo sempre que é utilizada é realizada a ventilação através da abertura da porta existente. Em dias de maior necessidade de ventilação, opta-se por abrir a janela e a porta.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>23/05/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:48	Porta	1
<u>23/05/2017</u>	Tarde	17:50 / 18:45	Porta	1
<u>24/05/2017</u>	Manhã	09:10 / 13:00	Porta	1
<u>24/05/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u>25/05/2017</u>	Tarde	14:00 / 18:35	Porta	1
<u>26/05/2017</u>	Manhã	08:45 / 13:00	Porta	1
<u>26/05/2017</u>	Tarde	14:10 : 17:30	Porta	1
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

À data da monitorização o gabinete apresentava um ar irrespirável, ao ponto de se ter de ventilar a sala para poder efetuar a instalação dos equipamentos;

Paredes exteriores e interiores de granito com espessura média de 0.80 m, sendo o material interiormente utilizado para as divisões entre os gabinetes o tijolo cerâmico revestido a argamassa de cimento com pintura;

Laje de pavimento é constituída por betão, leca e cortiça;

Vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina em caixilharia de madeira e vidro simples.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S / N	Microrganismos – bactérias S / N
Monóxido de Carbono S / N	Microrganismos – fungos S / N
Ozono S / N	Temperatura interna S / N
Humidade relativa (interna) S / N	Temperatura externa S / N
Humidade relativa (externa) S / N	Partículas Suspensas no ar S / N
Formaldeído S / N	Legionella S / N
Compostos orgânicos voláteis S / N	Radão S / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1562.11	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.15	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	1033.80	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 17	Descrição
	Gabinete 305 (interior 1)
Foto nº 18	Descrição
	Gabinete 305 (interior 2)
Observações:	

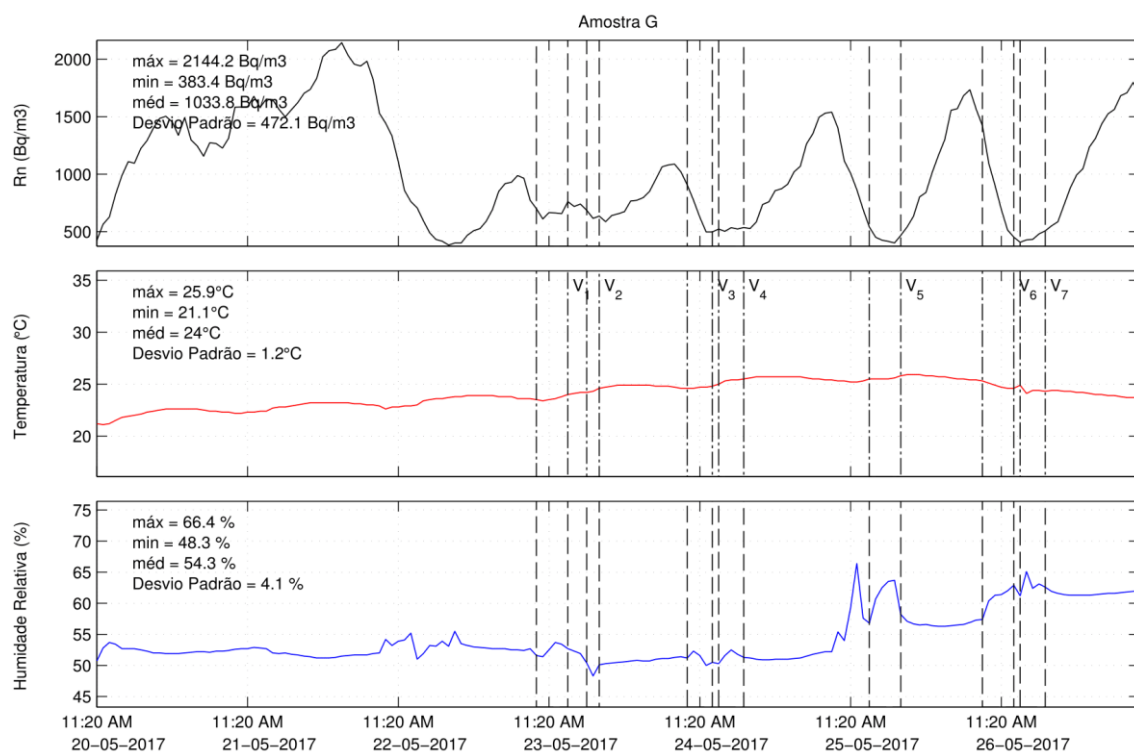


Gráfico 41 - Amostra G (Radão).

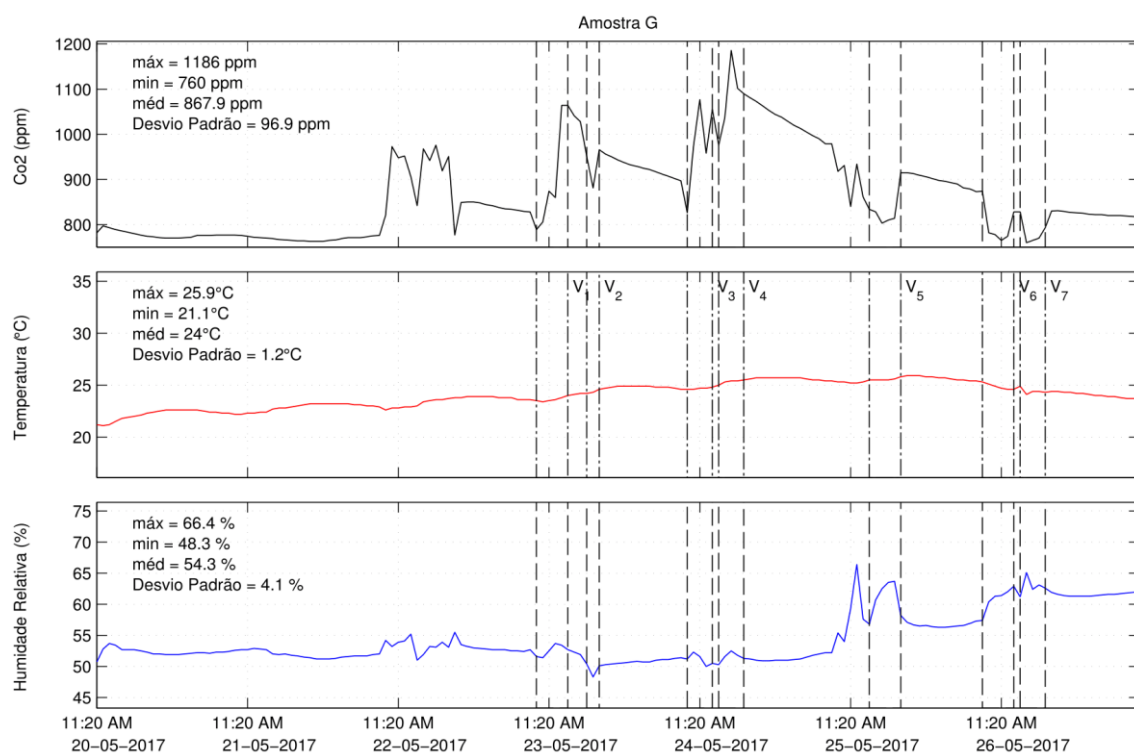


Gráfico 42 - Amostra G (Dióxido de Carbono).

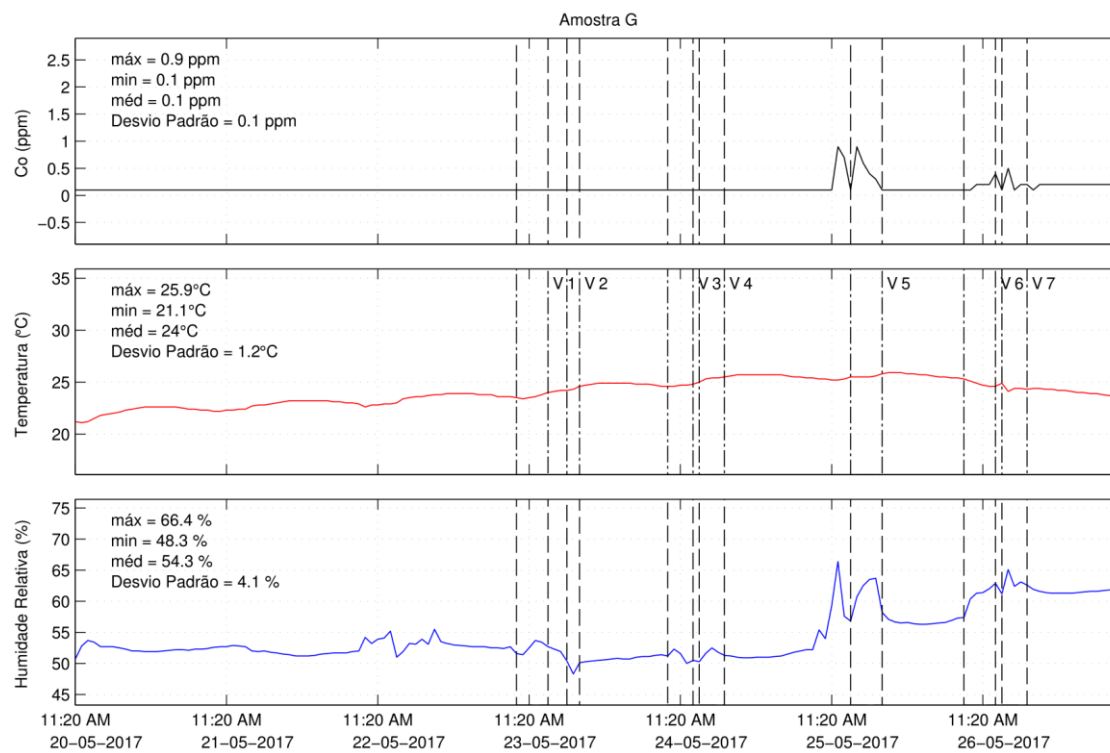


Gráfico 43 - Amostra G (Monóxido de Carbono).

Anexo IX - Amostra H



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Gabinete 309 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S ✓	E	O	NO	NE	SO	SE
---	-----	---	---	----	----	----	----

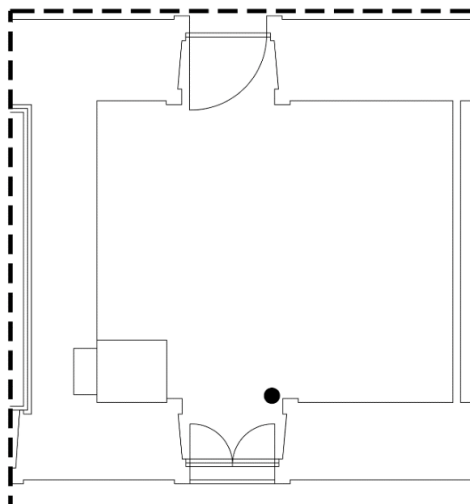
Piso da fração em estudo Piso 2

Área útil(m²) 19.85 Pé-direito (m) 2.85

Data (inicio) 20/05/2017 Data (fim) 27/05/2017

Hora (inicio) 11:28 Hora (fim) 09:28

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 19,85 m²
Pé-direito = 2,85 m
Volume = 56,57 m³

● Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☒ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se proceda à ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Soalho de madeira, paredes em alvenaria de granito revestidas a argamassa de cimento com pintura a tinta plástica, teto revestido a madeira e vãos envidraçados constituídos por caixilharia de madeira com vidro simples;

Existência de granito na zona do vão envidraçado, estando presente na soleira abaixo do parapeito, padieira e ombreira da janela;

Pontos de humidade visíveis em parede orientada a sul.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior


Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	428.10	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 19	Descrição
	Gabinete 309 (interior 1)
Foto nº 20	Descrição
	Gabinete 309 (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 21	Descrição
	Gabinete 309 - teto em madeira
Foto nº	Descrição
Observações:	

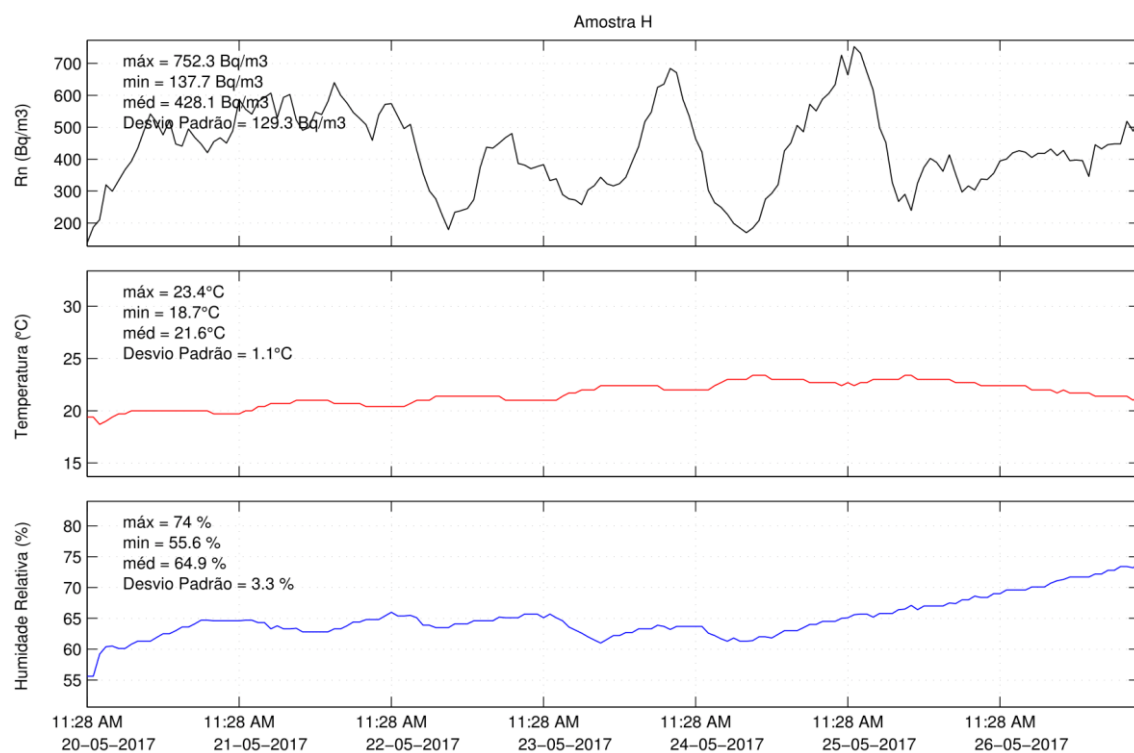


Gráfico 44 - Amostra H (Radão).

Anexo X - Amostra I



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Sala 1 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S ✓	E	O	NO	NE	SO	SE
---	-----	---	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo Piso 3

Área útil(m²) 41.75 Pé-direito (m) 3.50

Data (inicio) 27/05/2017 Data (fim) 03/06/2017

Hora (inicio) 10:54 Hora (fim) 08:54

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 19,85 m²
 Pé-direito = 2,85 m
 Volume = 56,57 m³

● Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☒ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema fixo existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>29/05/2017</u>	Manhã	09:00 / 13:00	Porta/Janela	1/1
<u>29/05/2017</u>	Tarde	14:45 / 17:00	Porta/Janela	1/2
<u>30/06/2017</u>	Manhã	11:15 / 13:00	Porta/Janela	1/1
<u>30/06/2017</u>	Tarde	15:00 / 16:00	Janela	2
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes interiores e exteriores em pedra de granito com uma espessura considerável de aproximadamente 0.70 m, havendo duas paredes interiores que fazem a divisão de salas em tijolo cerâmico recoberto a argamassa de cimento e pintadas a tinta;

Laje de pavimento é constituída por betão, leca e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira;

Vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina em caixilharia de madeira e vidro simples;

Janelas com elemento granito visível em soleiras, padieiras e ombreiras;

Claraboia por todo o desenvolvimento da sala.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior



Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	492.30	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 22	Descrição
	Sala 1 (interior 1)
Foto nº 23	Descrição
	Sala 1 (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 24	Descrição
	<p>Sala 1 - Porta de entrada</p>
Foto nº 25	Descrição
	<p>Sala 1 - Claraboia</p>
<p>Observações:</p>	

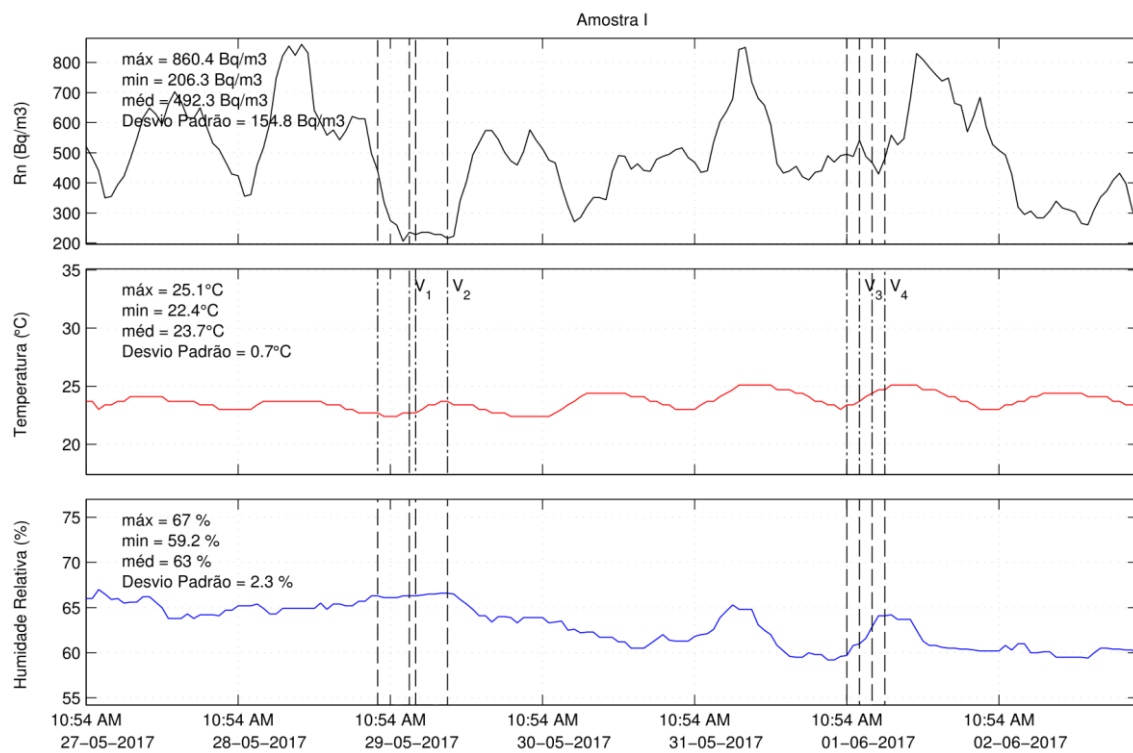


Gráfico 45 - Amostra I (Radão).

Anexo XI - Amostra J



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Sala 7 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E ✓	O	NO	NE	SO	SE
---	---	-----	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo Piso 3

Área útil(m²) 43.70 Pé-direito (m) 3.60

Data (inicio) 27/05/2017 Data (fim) 03/06/2017

Hora (inicio) 11:30 Hora (fim) 09:30

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 43,70 m ²	● Sensor - Radão
Pé-direito = 3,60 m	● Sensor - CO ₂
Volume = 157,92 m ³	● Sensor - CO

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

- Sistema centralizado S/ N Quantidade 2
- Acumulador de calor S / N Quantidade _____
- Ar condicionado S/ N Quantidade _____
- Lareira eléctrica S / N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / N
- Qual? Quantidade _____

• Irradiadores a óleo S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Irradiadores de infravermelhos S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Conectores S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Termoventiladores S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Aquecimento de halógeno S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Aquecedores a gás (catalíticos) S / <input type="text"/>	Quantidade <input type="text"/>
• Outro sistema de climatização S / <input type="text"/>	
• Qual?	Quantidade <input type="text"/>

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

A data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema fixo existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>29/05/2017</u>	Manhã	09:00 / 10:30	Porta	1
<u>29/05/2017</u>	Tarde	10:50 / 12:50	Porta	1
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes interiores e exteriores em pedra de granito com uma espessura considerável, havendo duas paredes interiores que fazem a divisão de sala com sala e de sala com corredor em tijolo cerâmico recoberto a argamassa de cimento e pintado a tinta;
Laje de pavimento é constituída por betão, leca e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira;
Vão envidraçado existente é do tipo guilhotina composto por caixilharia de madeira e vidro simples;
Janelas com elemento granito visível em soleiras, padieiras e ombreiras.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior



Dióxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Ozono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Legionella S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1584.51	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.24	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	518.20	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 26	Descrição
	Sala 7 (interior 1)
Foto nº 27	Descrição
	Sala 7 (interior 2)
Observações:	

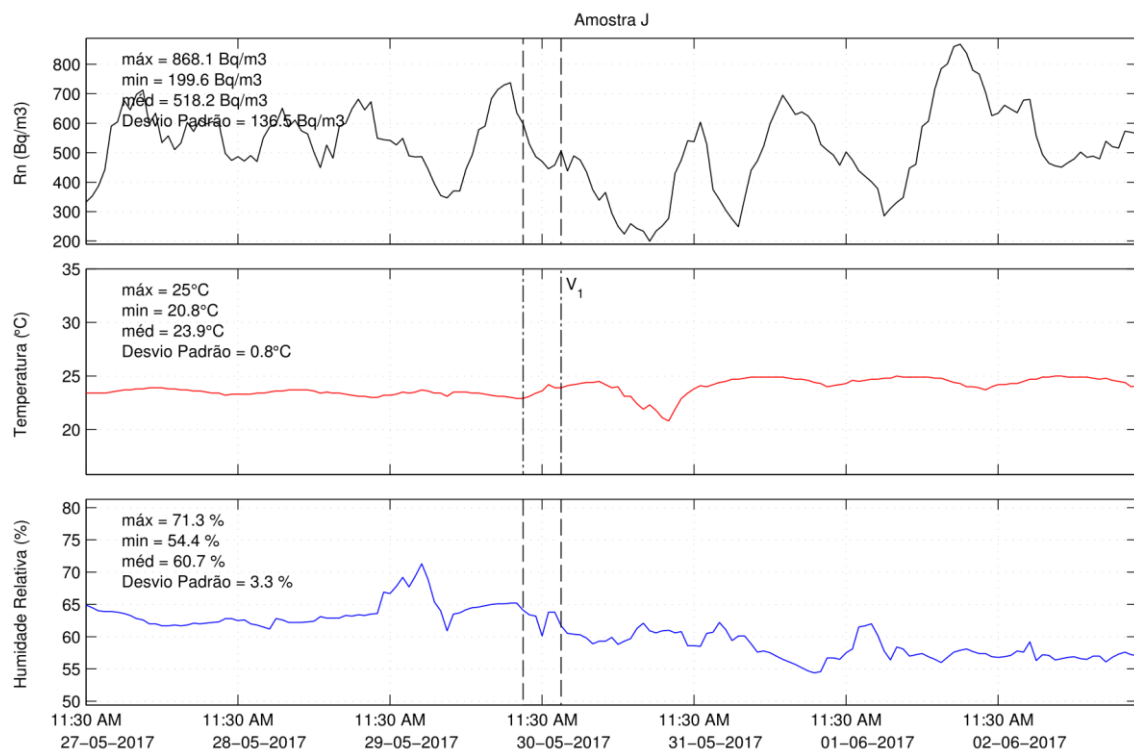


Gráfico 46 - Amostra J (Radão).

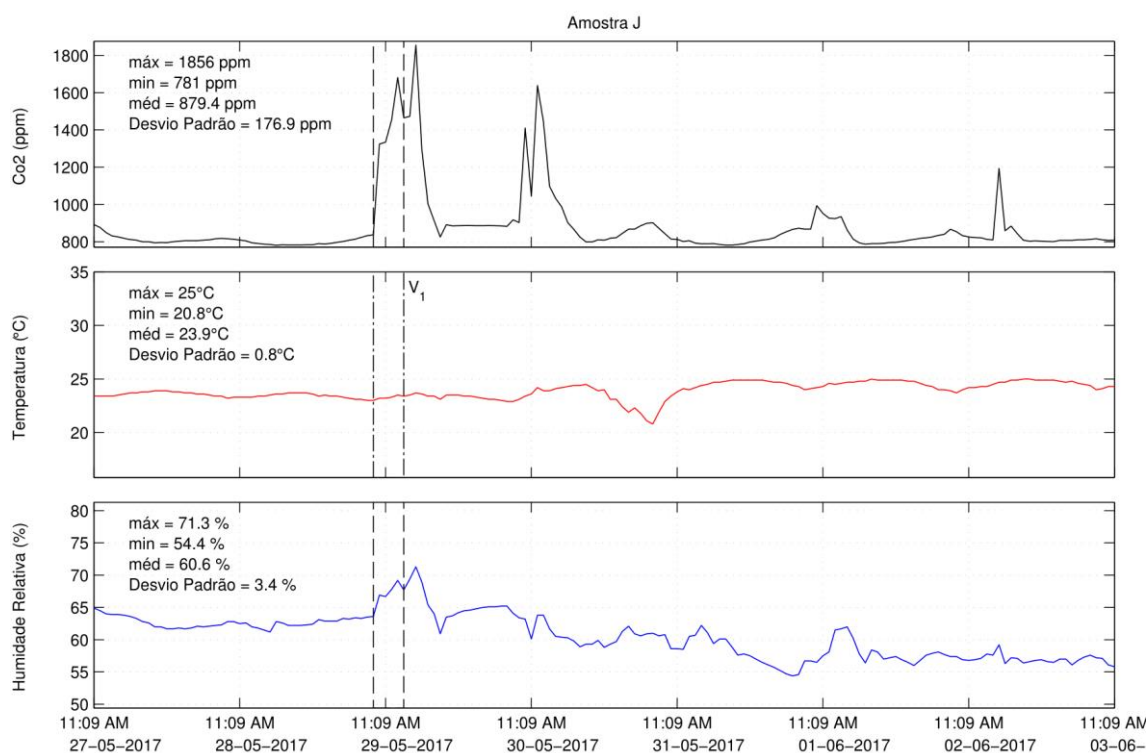


Gráfico 47 - Amostra J (Dióxido de Carbono).

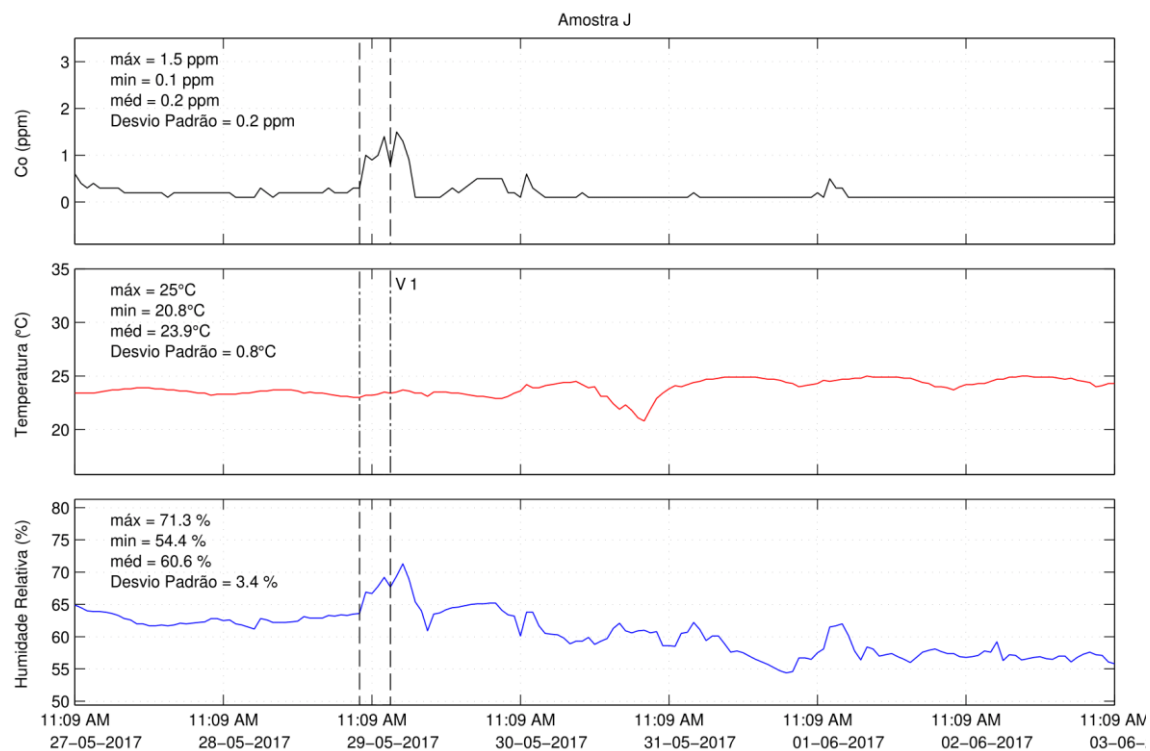


Gráfico 48 - Amostra J (Monóxido de Carbono).

Anexo XII - Amostra K (subamostras K1-K2)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Gabinete Técnico Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
✓							

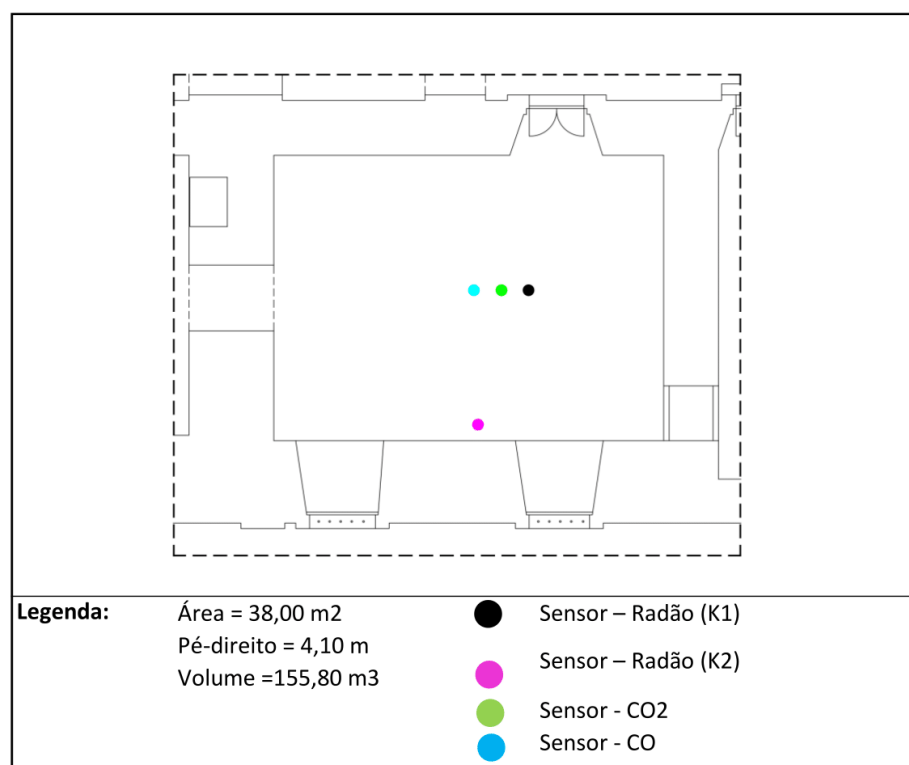
Piso da fração em estudo Piso 0

Área útil(m²) 38.00 Pé-direito (m) 4.10

Data (início) 03/06/2017 Data (fim) 10/06/2017

Hora (início) 11:30 Hora (fim) 09:30

Croqui/Planta da fração





Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado S / ☐ N Quantidade _____
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo ☐ S / ☐ N Quantidade 1 _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

Poderá ser climatizada, em caso de temperaturas reduzidas o utilizador da fração utiliza o sistema de aquecimento móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? ☒ S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

Sim, haverá ventilação diária consoante a ocupação do espaço, normalmente a fração é ventilada através da abertura da porta e janela.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>05/06/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:00	Porta	1
<u>05/06/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u>06/06/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:00	Porta	1
<u>06/06/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u>07/06/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:00	Porta	1
<u>07/06/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u>08/06/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:00	Porta	1
<u>08/06/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u>09/06/2017</u>	Manhã	09:00 / 12:00	Porta	1
<u>09/06/2017</u>	Tarde	14:00 / 17:00	Porta	1
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(*sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.*)

A fração monitorizada apresenta sinais de humidade (eflorescências salinas), como pode ser observado através da visualização do registo fotográfico;

Portas: Caixilharia de madeira e vidro simples, dupla folha, tipo batente;

Portadas: Caixilharia de madeira;

Janelas: Caixilharia de madeira e vidro simples, tipo - batente;

Espessura média de paredes exteriores com 1.5 m, soleira, padieira e ombreira constituídas por elementos de granito à vista . Teto em formato de abóbada composto por tijolo de burro.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

K/K1

Dióxido de Carbono <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1423.84	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.16	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	289.70	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

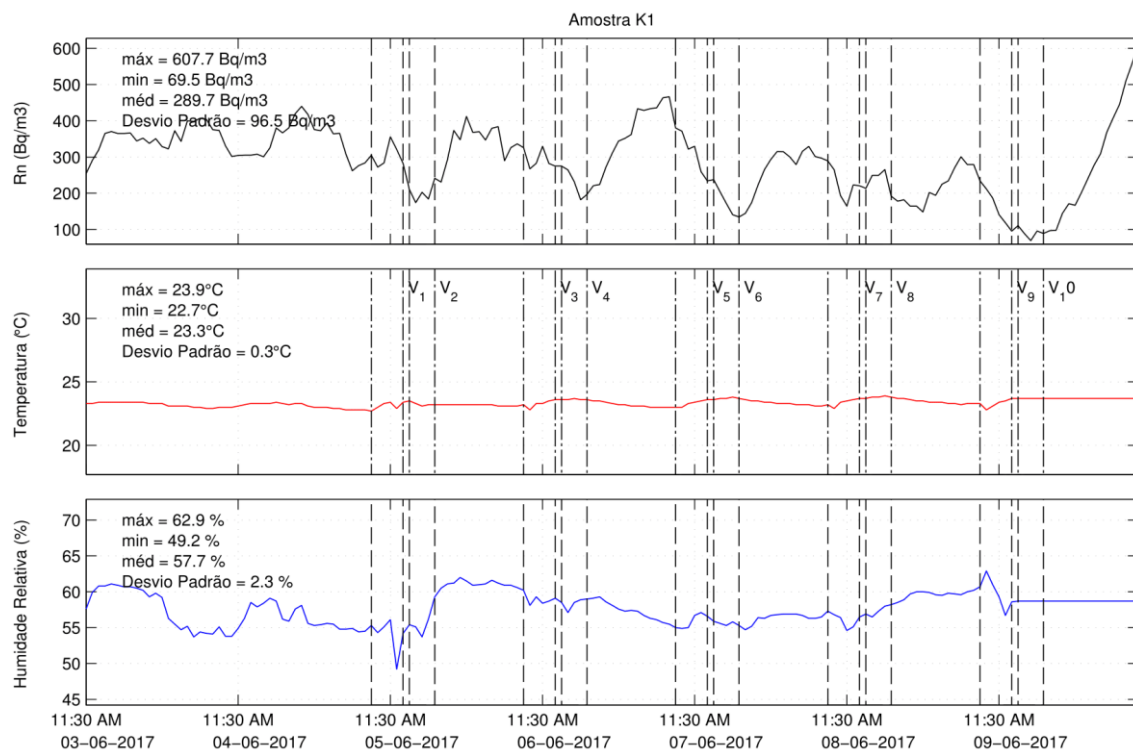


Gráfico 49 - subamostra K1 (Radão).

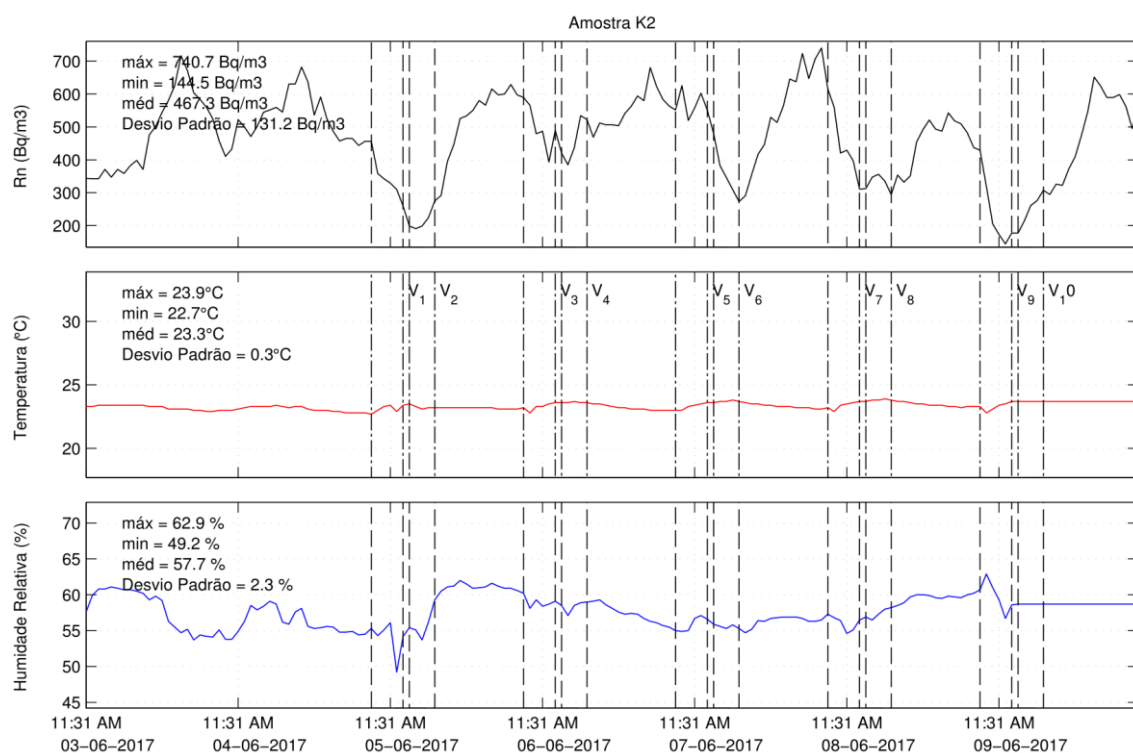


Gráfico 50 - subamostra K2 (Radão).

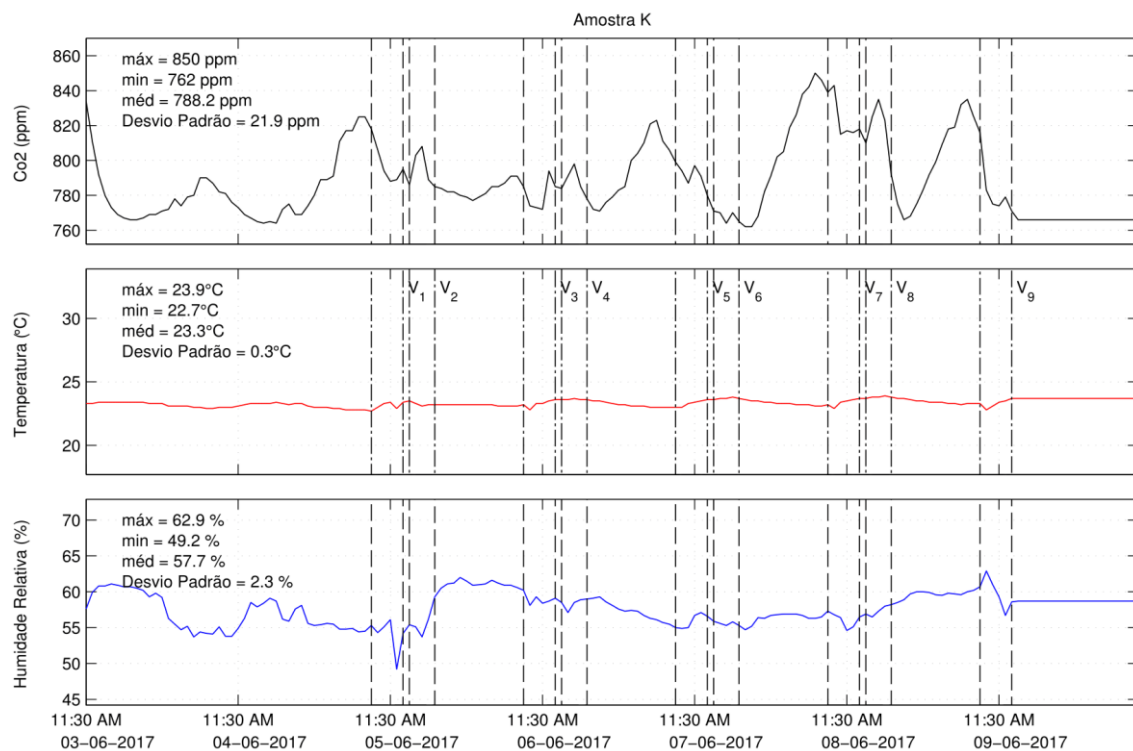


Gráfico 51 - Amostra K (Dióxido de Carbono).

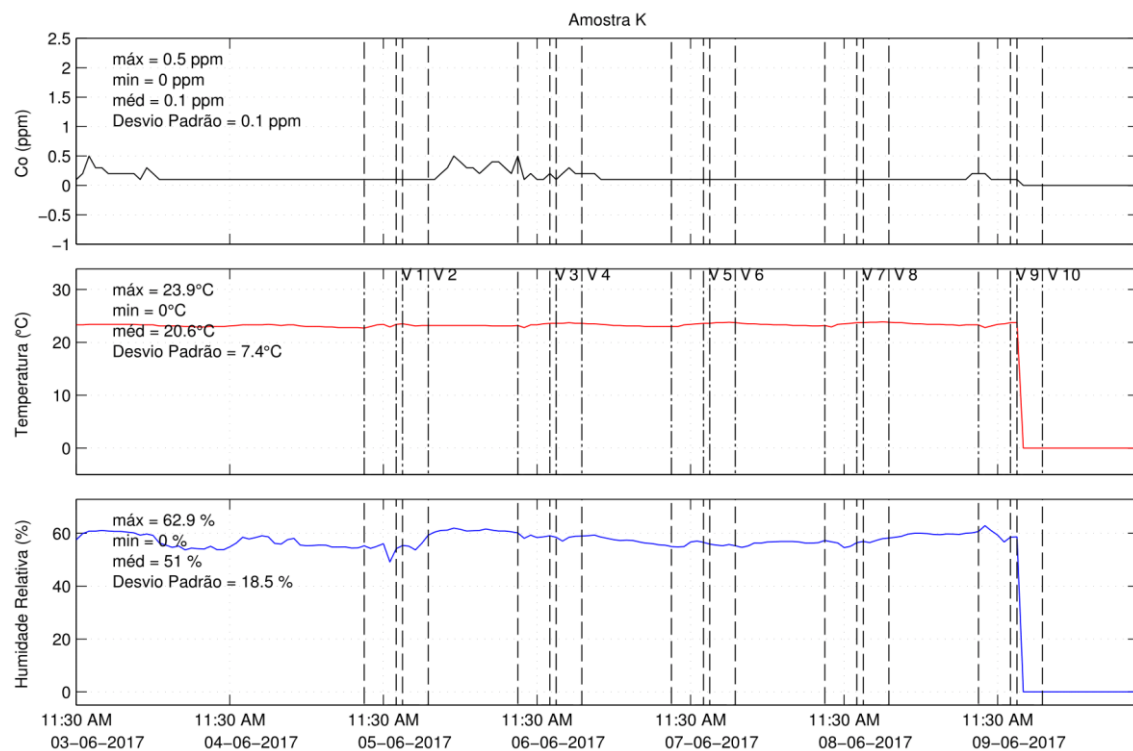


Gráfico 52 - Amostra K (Monóxido de Carbono).

Anexo XIII - Amostra L (subamostras L1-L2)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Secretaria Número de fachadas expostas ao exterior 2

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
	✓						

Piso da fração em estudo Subpiso 0/1

Área útil(m²) 50.86 Pé-direito (m) 2.50

Data (início) 10/06/2017 Data (fim) 17/06/2017

Hora (início) 11:55 Hora (fim) 09:55

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 50,86 m²
 Pé-direito = 2,50 m
 Volume = 127,15 m³

- Sensor – Radão (L1)
- Sensor – Radão (L2)
- Sensor - CO₂
- Sensor - CO

Sistema(s) de climatização ☐ S/ N

- Sistema centralizado S/N Quantidade 3
- Acumulador de calor S/N Quantidade
- Ar condicionado S/N Quantidade
- Lareira eléctrica S/N Quantidade
- Outro sistema de climatização S/N
- Qual? Quantidade

• Irradiadores a óleo S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Irradiadores de infravermelhos S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Conectores S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Termoventiladores S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Aquecimento de halógeno S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Aquecedores a gás (catalíticos) S / \boxed{N}	Quantidade _____
• Outro sistema de climatização S / \boxed{N}	
• Qual?	Quantidade _____

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização dos sistemas móveis de climatização.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / N

- Janelas S / ☒ N Quantidade ____ Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) ____
- Portas ☒ S / N Quantidade 5 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Sinais de humidade idênticos aos anteriormente verificados, embora não tão pronunciados;

Portas: Caixilharia de madeira e vidro simples, dupla folha, tipo batente;

Paredes de pedra granítica de elevada espessura, revestidas a argamassa de cimento e pintadas a tinta plástica;

Portadas: Caixilharia de madeira.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

L/L1

Dióxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1674.19	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.42	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	505.30	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

L2

Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	486.10	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

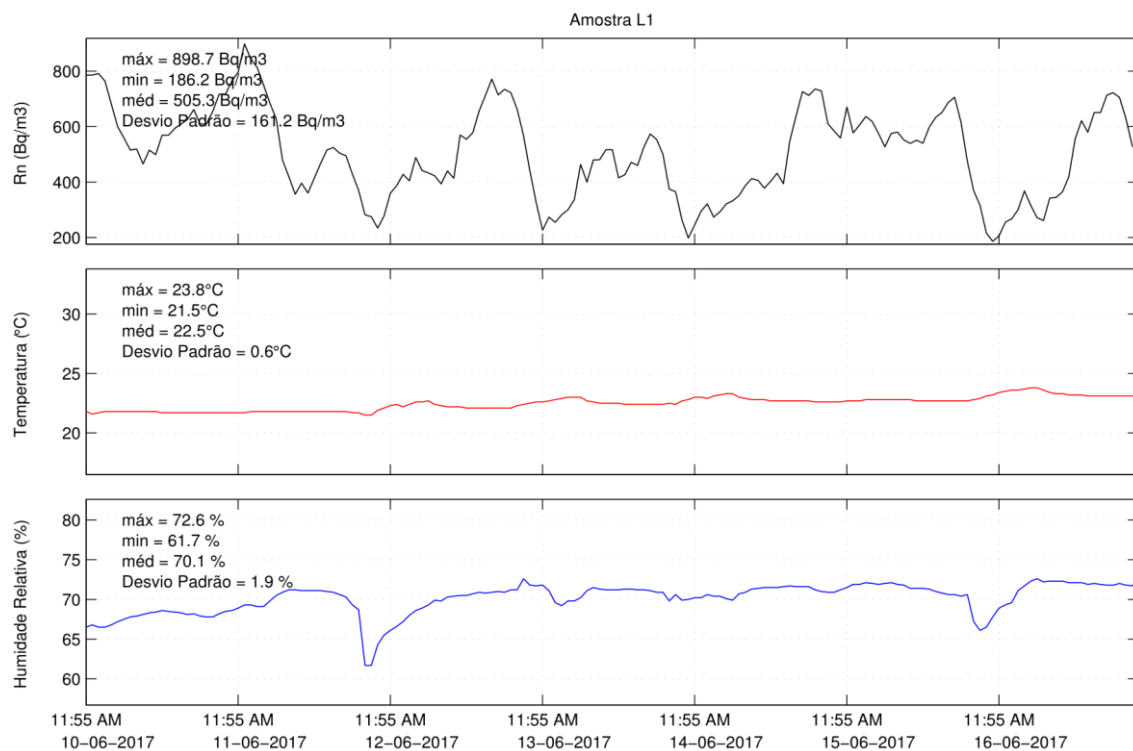


Gráfico 53 - subamostra L1 (Radão).

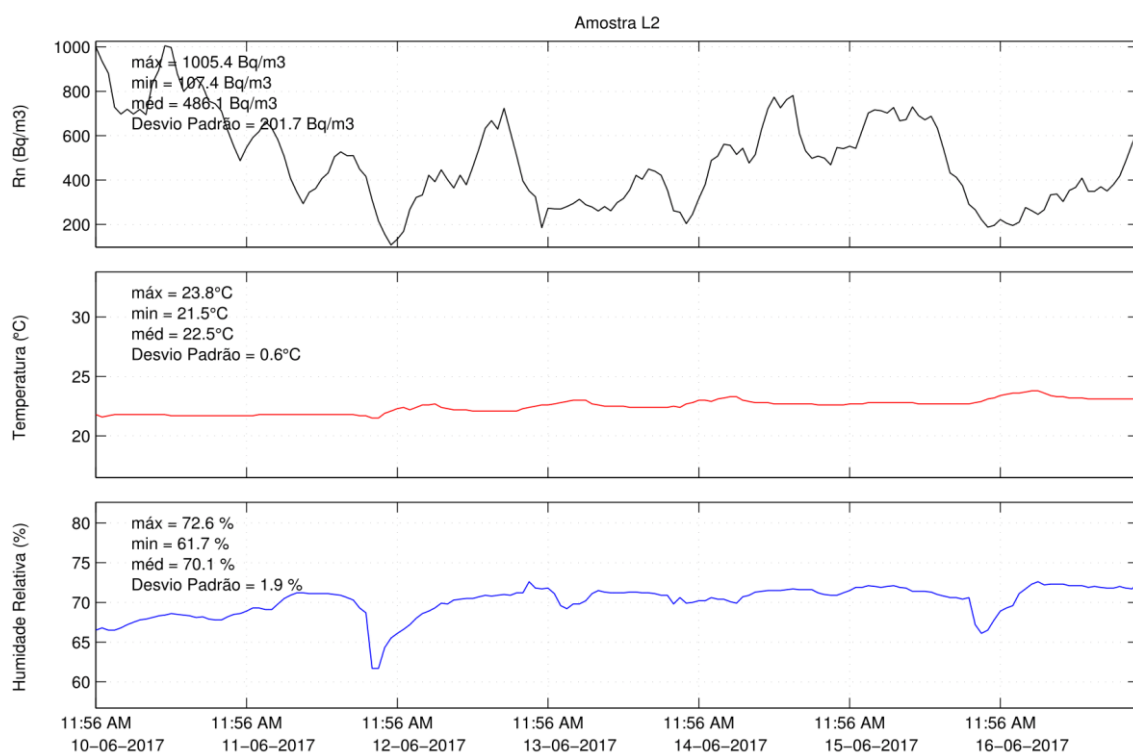


Gráfico 54 - subamostra L2 (Radão).

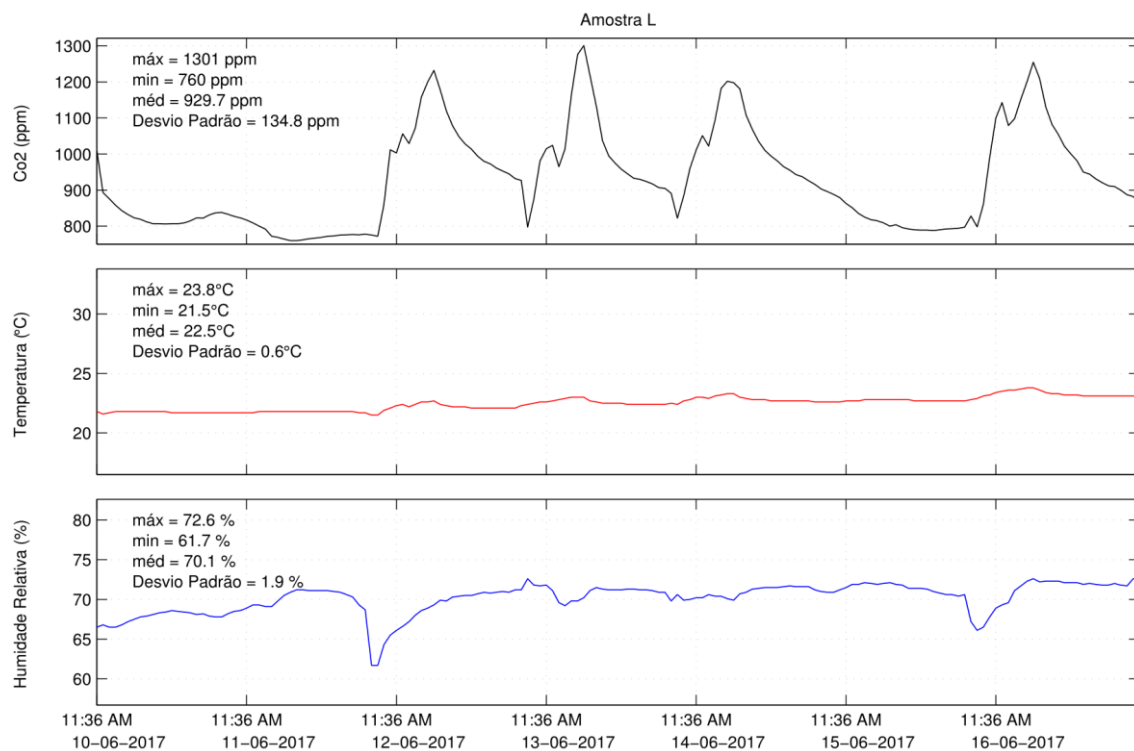


Gráfico 55 - Amostra L (Dióxido de Carbono).

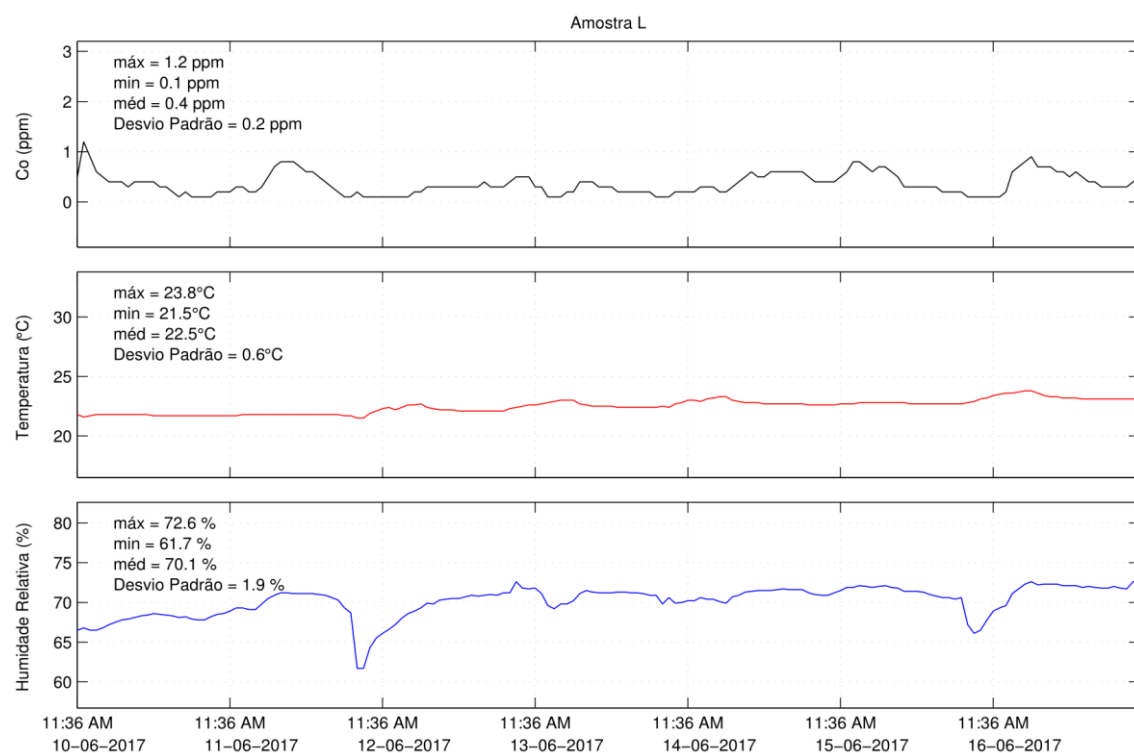


Gráfico 56 - Amostra L (Monóxido de Carbono).

Anexo XIV - Amostra M (subamostras M1-M2)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Gabinete 305 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
	✓						

Piso da fração em estudo Piso 2

Área útil(m²) 19.98 Pé-direito (m) 3.40

Data (início) 17/06/2017 Data (fim) 24/06/2017

Hora (início) 12:13 Hora (fim) 10:13

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 19.98m²
Pé-direito = 3,40 m
Volume = 67,93 m³

- Sensor - Radão (M1)
- Sensor - Radão (M2)
- Sensor A15.1 - CO₂
- Sensor A15.2 - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☐ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☐ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? ☒ S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

Sim, segundo os utilizadores do espaço existe ventilação sempre que necessário, através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
19/06/2017	Manhã	09:00 / 12:50	Porta/Janela	1/1
19/06/2017	Tarde	14:20 / 19:00	Porta/Janela	1/1
20/06/2017	Manhã	08:55/ 12:00	Porta	1
20/06/2017	Tarde	12:00 / 18:00	Porta	1
22/06/2017	Manhã	08:50 / 14:15	Janela	1
22/06/2017	Tarde	14:15 / 18:00	Porta/Janela	1/1
23/06/2017	Manhã	09:00 / 12:45	Porta/Janela	1/1
23/06/2017	Tarde	13:45 / 17:00	Porta/Janela	1/1
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina em caixilharia de madeira e vidro simples;

Paredes exteriores e interiores de granito com espessura média de 0.80 m, sendo o material interiormente utilizado para as divisões entre os gabinetes o tijolo cerâmico revestido a argamassa de cimento com pintura;

Laje de pavimento é constituída por betão, leca e cortiça

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

M/M1

Dióxido de Carbono <input type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Ozono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Legionella S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1512.19	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.12	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	1478.10	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

M2

Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	_____	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	_____	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	_____	10 mg/m ³
Ozono	_____	0,20 mg/m ³
Formaldeído	_____	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	_____	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	_____	500 UFC
Microrganismos – fungos	_____	500 UFC
Legionella	_____	100 UFC
Radão	1084.80	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

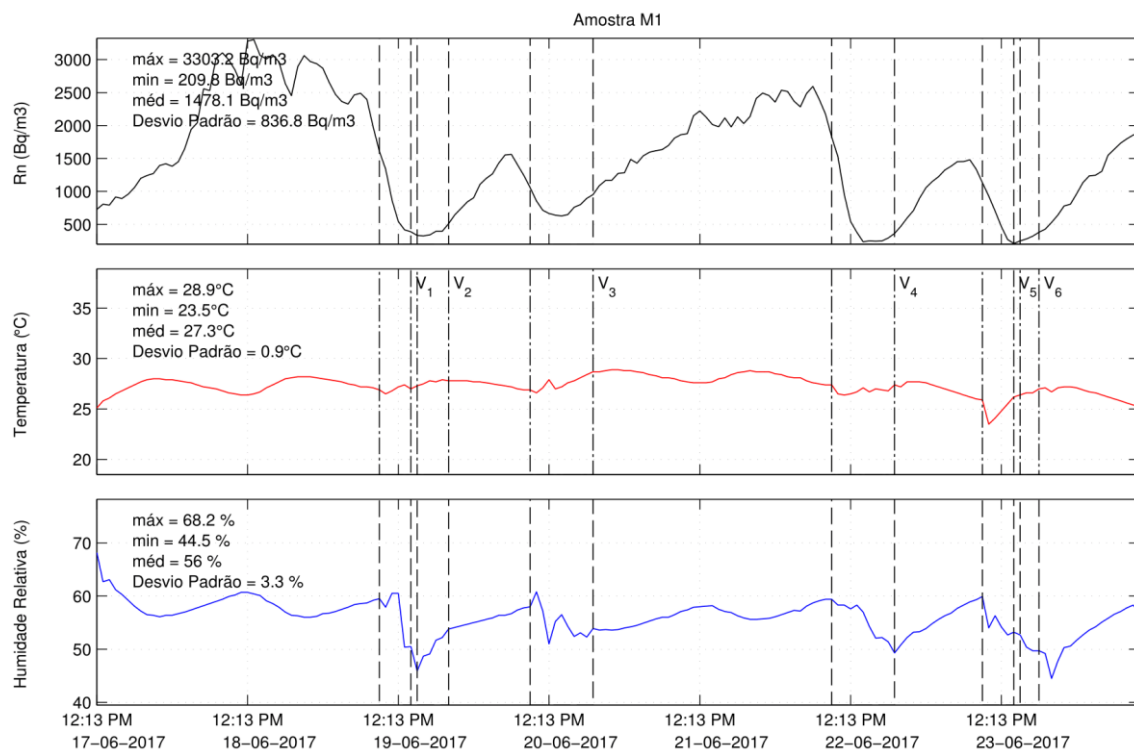


Gráfico 57 - subamostra M1 (Radão).

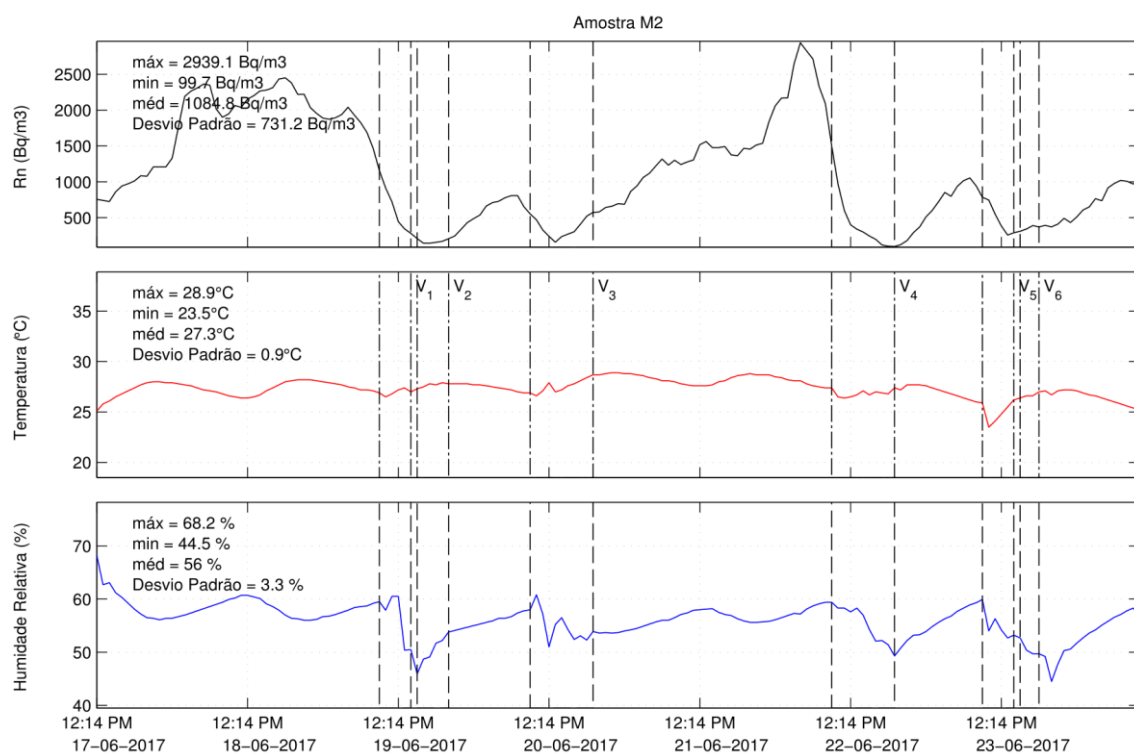


Gráfico 58 - subamostra M2 (Radão).

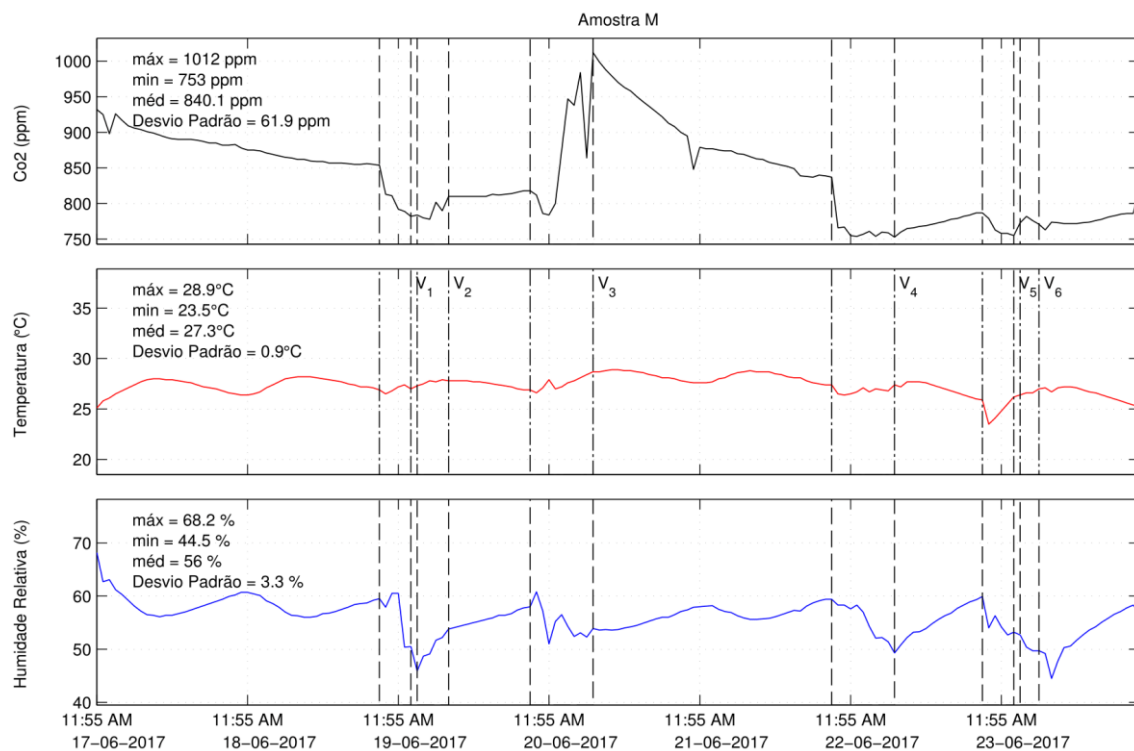


Gráfico 59 - Amostra M (Dióxido de Carbono).

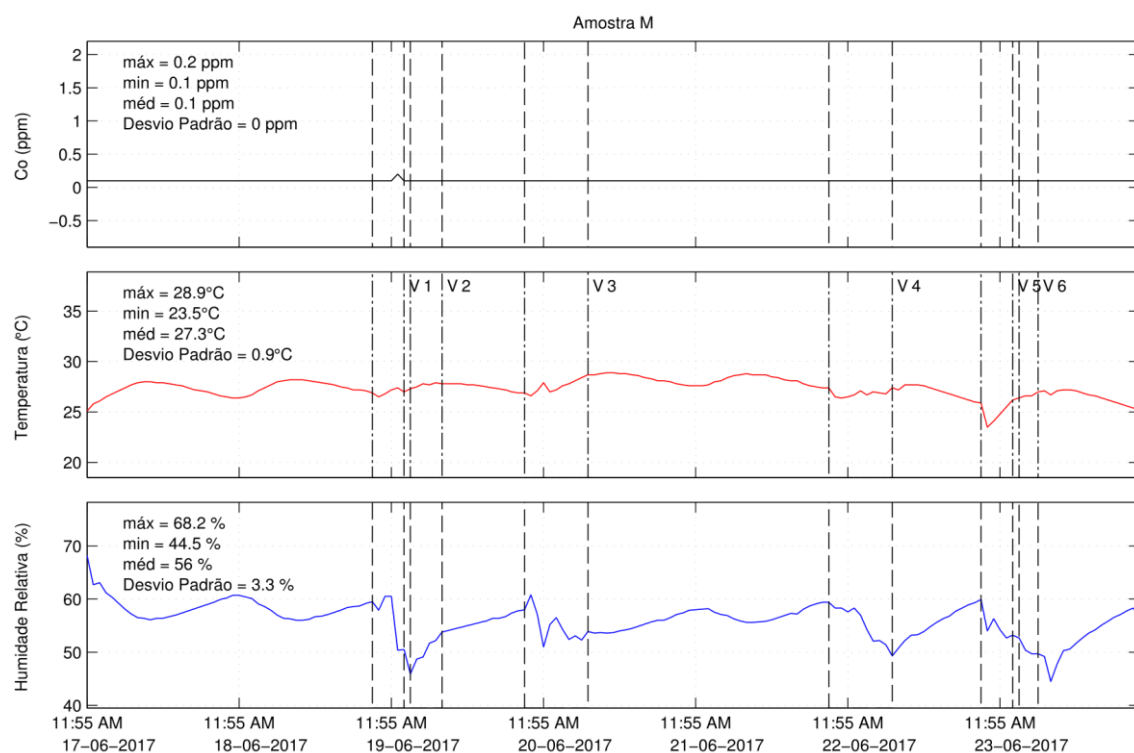


Gráfico 60 - Amostra M (Monóxido de Carbono).

Anexo XV - Amostra N (subamostras N1-N2)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Sala SIG Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
		✓					

Piso da fração em estudo Piso 3

Área útil(m²) 35.45 Pé-direito (m) 3.50

Data (início) 24/06/2017 Data (fim) 01/07/2017

Hora (início) 12:01 Hora (fim) 10:01

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 35.45m²
 Pé-direito = 3,50 m
 Volume = 124,10 m³

- Sensor – Radão (N1)
- Sensor – Radão (N2)
- Sensor - CO₂
- Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 2
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo ☒ S / ☐ N Quantidade 1
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado relativo ao excesso de utilizadores do espaço se proceda à ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes externas e internas com espessuras elevadas constituídas por pedra granítica e revestidas internamente a argamassa de cimento pintada tinta branca;

Paredes divisórias internas em tijolo revestidas de igual forma;

Vãos da sala, são compostos por madeira e vidro, existindo uma porta interna de madeira e uma janela exterior de guilhotina com caixilharia de madeira e vidro simples em que ambas são de elevada permeabilidade ao ar.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

N/N1

Dióxido de Carbono S / N	Microrganismos – bactérias S / N
Monóxido de Carbono S / N	Microrganismos – fungos S / N
Ozono S / N	Temperatura interna S / N
Humidade relativa (interna) S / N	Temperatura externa S / N
Humidade relativa (externa) S / N	Partículas Suspensas no ar S / N
Formaldeído S / N	Legionella S / N
Compostos orgânicos voláteis S / N	Radão S / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1540.43	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.05	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	397.70	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

N2

Dióxido de Carbono S / <input type="text"/>	Microrganismos – bactérias S / <input type="text"/>
Monóxido de Carbono S / <input type="text"/>	Microrganismos – fungos S / <input type="text"/>
Ozono S / <input type="text"/>	Temperatura interna <input type="text"/> / N
Humidade relativa (interna) <input type="text"/> / N	Temperatura externa S / <input type="text"/>
Humidade relativa (externa) S / <input type="text"/>	Partículas Suspensas no ar S / <input type="text"/>
Formaldeído S / <input type="text"/>	Legionella S / <input type="text"/>
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="text"/>	Radão <input type="text"/> / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	_____	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	_____	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	_____	10 mg/m ³
Ozono	_____	0,20 mg/m ³
Formaldeído	_____	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	_____	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	_____	500 UFC
Microrganismos – fungos	_____	500 UFC
Legionella	_____	100 UFC
Radão	236.80	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

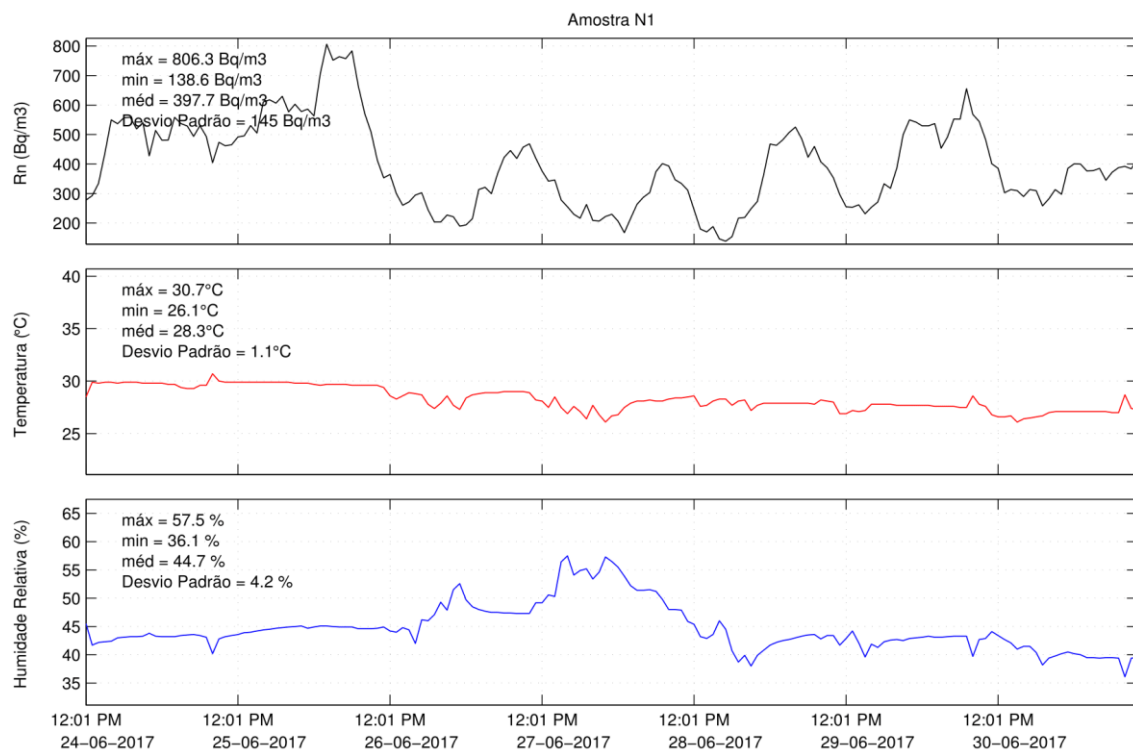


Gráfico 61 - subamostra N1 (Radão).

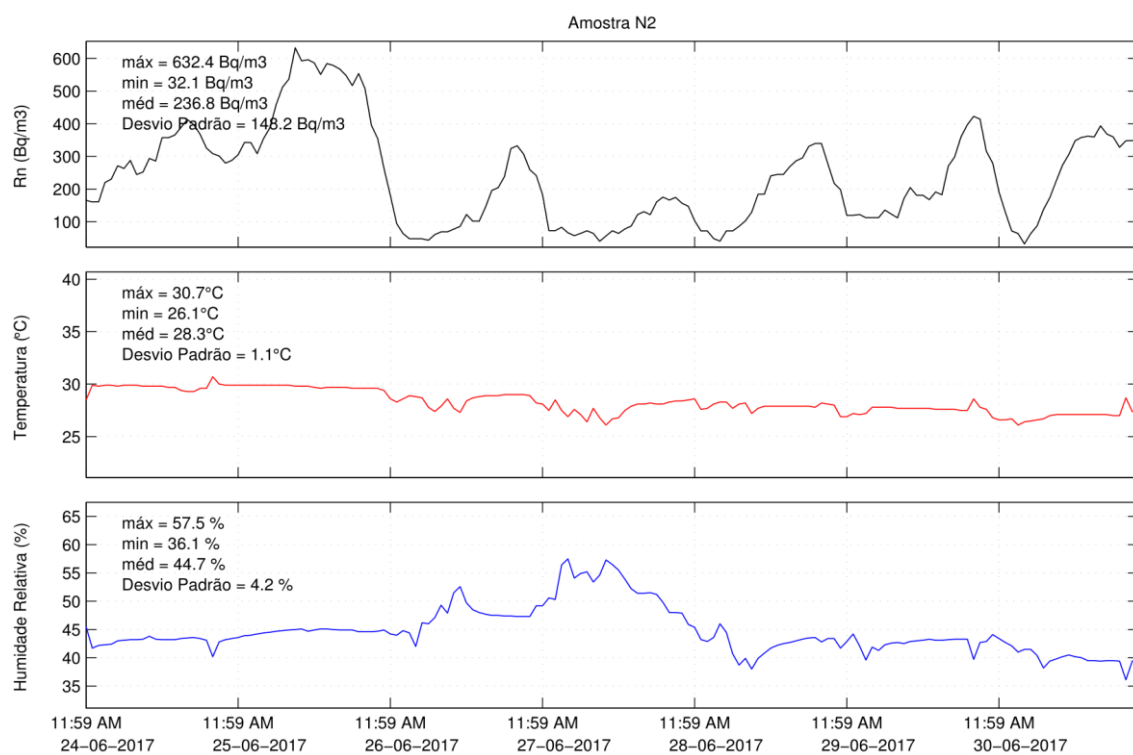


Gráfico 62 - subamostra N2 (Radão).

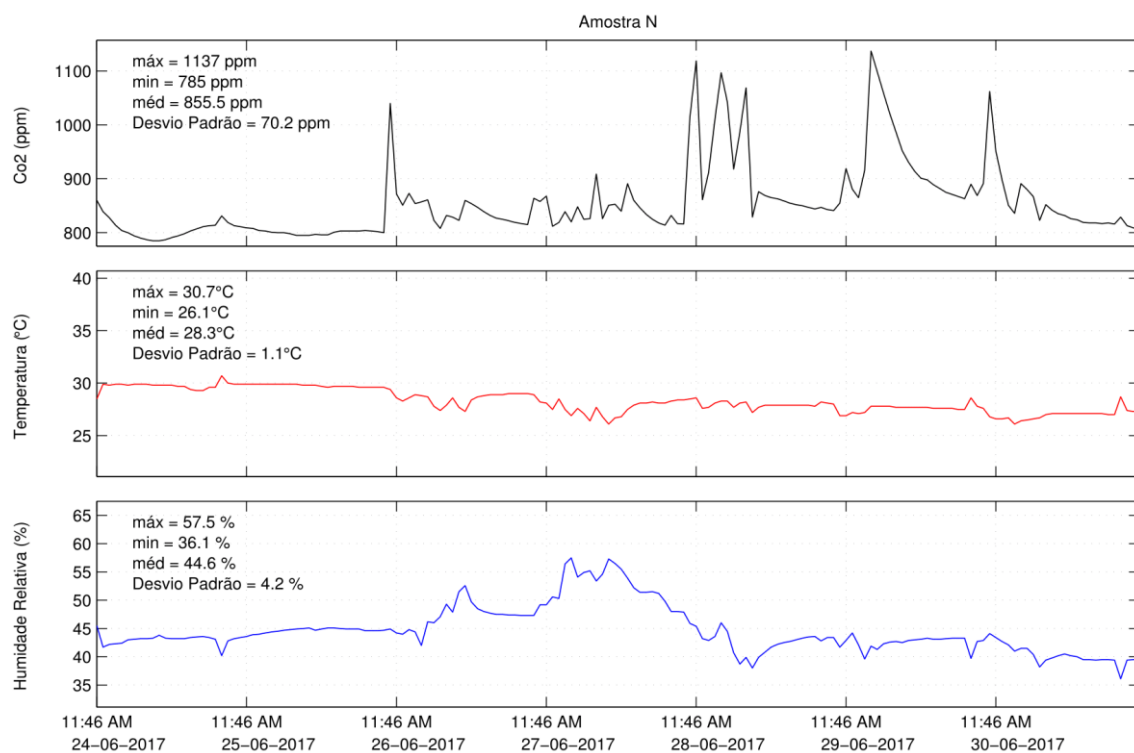


Gráfico 63 - Amostra N (Dióxido de Carbono).

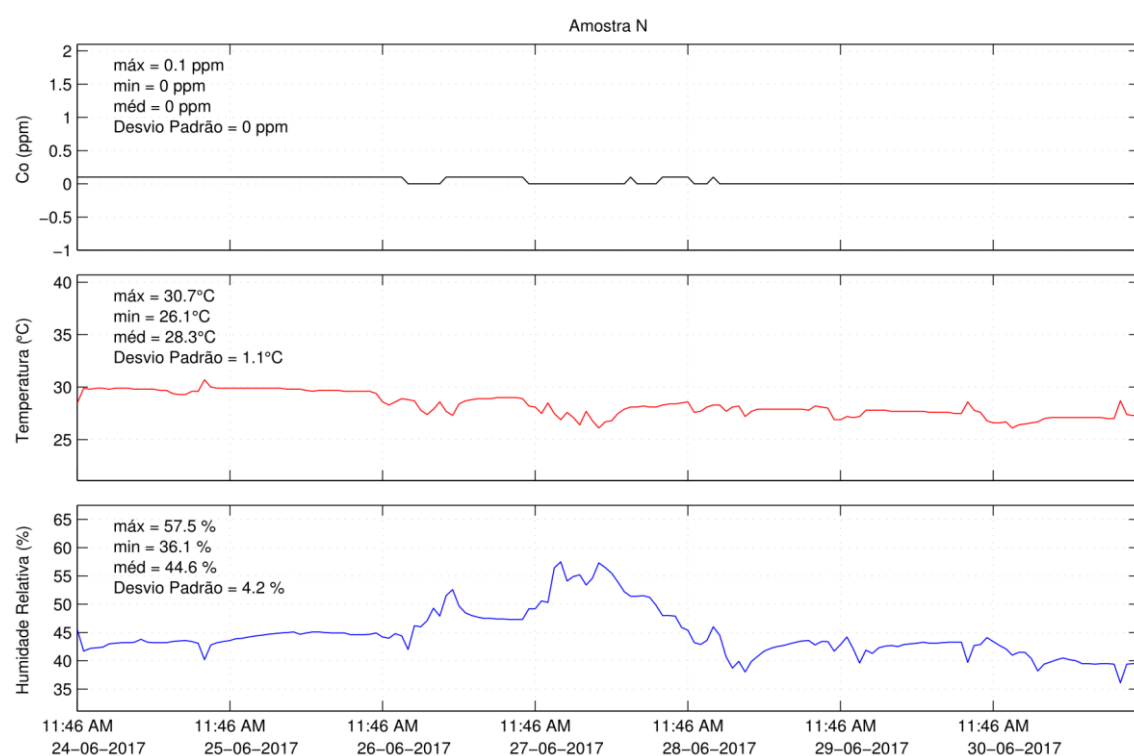


Gráfico 64 - Amostra N (Monóxido de Carbono).

Anexo XVI - Amostra O (subamostras O1-O2)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
			✓				

Fração em estudo Sala 1 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	E	O	NO	NE	SO	SE
	✓						

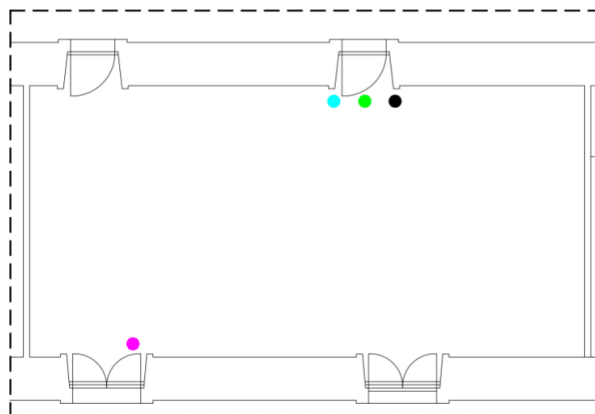
Piso da fração em estudo Piso 3

Área útil(m²) 41,75 Pé-direito (m) 3,50

Data (início) 01/07/ 2017 Data (fim) 08/07/ 2017

Hora (início) 12:00 Hora (fim) 09:00

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 41,75m²
Pé-direito = 3,50 m
Volume = 146,13 m³

- Sensor – Radão (O2)
- Sensor – Radão (O1)
- Sensor - CO₂
- Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☐ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☐ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema fixo existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 2 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Exaustor S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de exaustão (m³/h) ____
- Extrator S / ☒ N Quantidade ____ Capacidade de extração (m³/h) ____
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade ____ Área da grelha (cm²) ____
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? _____ Capacidade de extração (m³/h) ____



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas ou devido ao ar saturado se faça ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes interiores e exteriores em pedra de granito com uma espessura considerável de aproximadamente 0.70 m, havendo duas paredes interiores que fazem a divisão de salas em tijolo cerâmico recoberto a argamassa de cimento e pintadas a tinta;

Laje de pavimento é constituída por betão, leca e cortiça, sendo revestida a soalho de madeira;

Vãos envidraçados existentes são do tipo guilhotina em caixilharia de madeira e vidro simples;

Janelas com elemento granito visível em soleiras, padieiras e ombreiras;

Claraboia por todo o desenvolvimento da sala.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

O1

Dióxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input type="checkbox"/> S / N
Humidade relativa (interna) <input type="checkbox"/> S / N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input type="checkbox"/> S / N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	989.6	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

O/O2

Dióxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input type="checkbox"/> N
Ozono S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input type="checkbox"/> N	Legionella <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1552.62	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.03	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	454.80	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

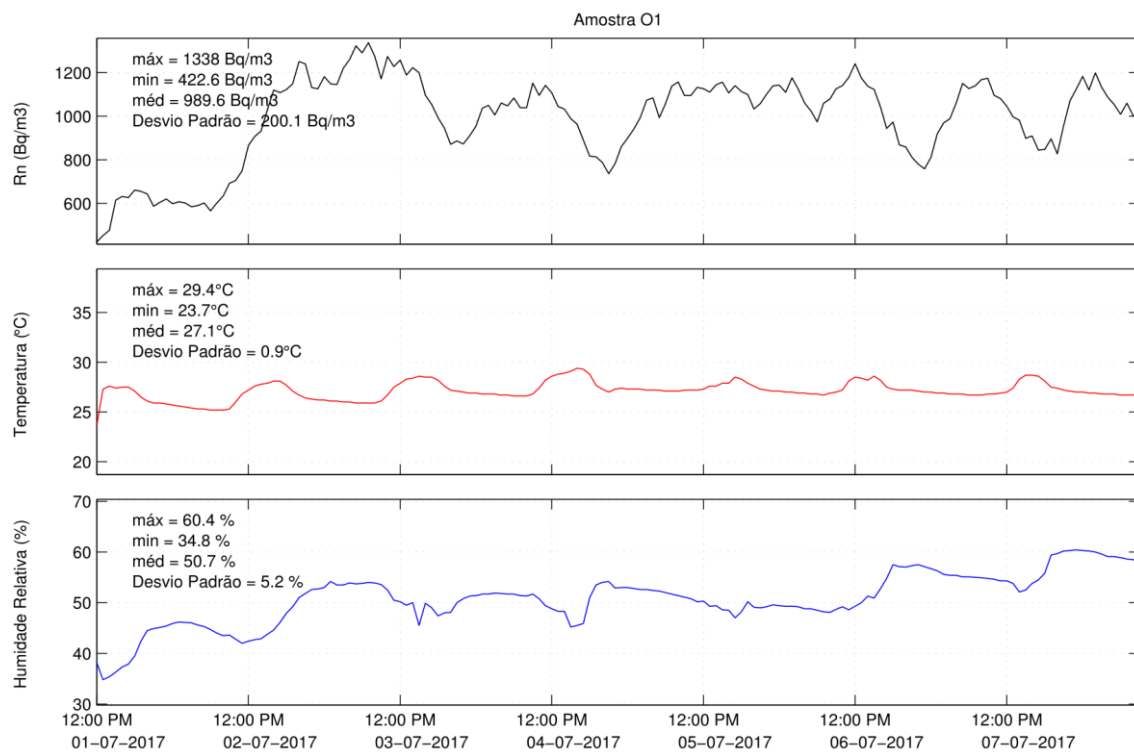


Gráfico 65 - subamostra O1 (Radão).

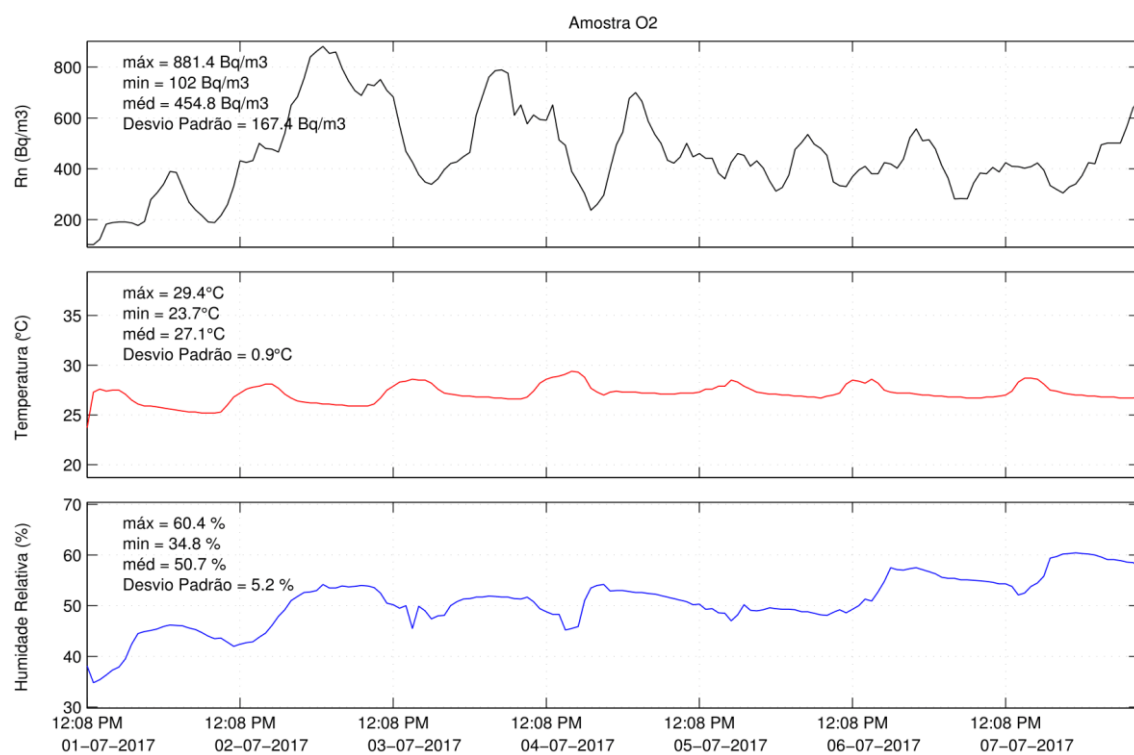


Gráfico 66 - subamostra O2 (Radão).

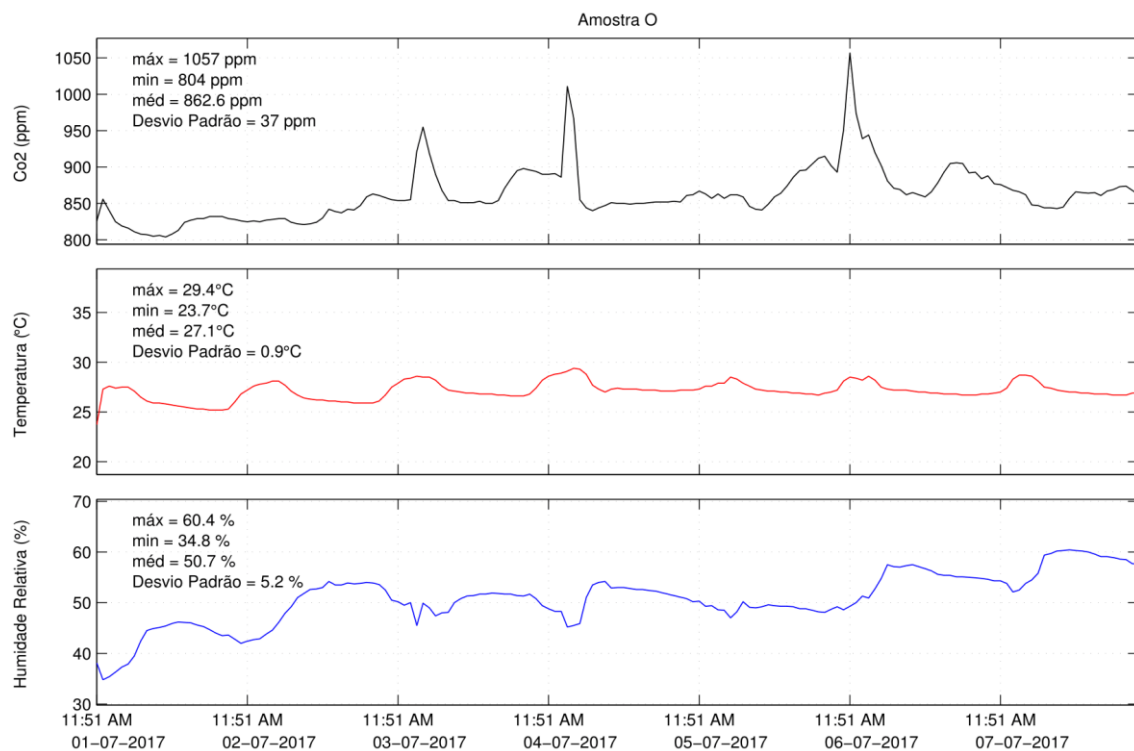


Gráfico 67 - Amostra O (Dióxido de Carbono).

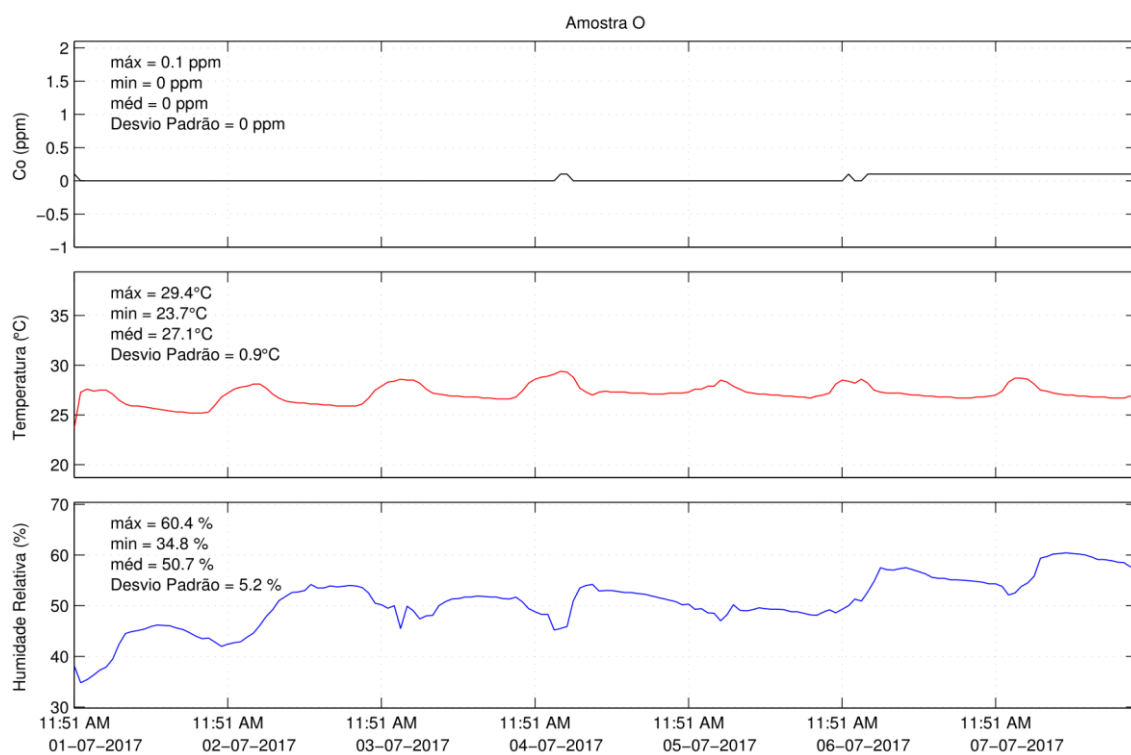


Gráfico 68 - Amostra O (Monóxido de Carbono).

Anexo XVII - Amostra P



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66 Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O	✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Fração em estudo Gabinete 306 Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S	✓	E	O	NO	NE	SO	SE
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Piso da fração em estudo Piso 2

Área útil(m²) 20.82 Pé-direito (m) 3.40

Data (inicio) 08/07/ 2017 Data (fim) 15/07/ 2017

Hora (inicio) 11:26 Hora (fim) 09:26

Croqui/Planta da fração

Legenda:

Área = 20.82 m2	● Sensor - Radão
Pé-direito = 3,40 m	● Sensor - CO2
Volume = 70.79 m3	● Sensor - CO



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☐ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☐ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☐ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☐ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☐ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☐ N Quantidade _____
- Conectores S / ☐ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☐ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☐ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☐ N
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas haja a utilização do sistema móvel existente.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☐ S / ☐ N

- Janelas ☐ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☐ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☐ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☐ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☐ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☐ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☐ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas se proceda à ventilação através da abertura dos vãos existentes.

O vão envidraçado encontrava-se aberto no dia em que foram colocadas as sondas na fração.

A fração foi ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>08/07/2017</u>	Manhã/Tarde/Noite	24 h	Janela	1
<u>09/07/2017</u>	Manhã/Tarde/Noite	24 h	Janela	1
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes externas e internas com espessuras elevadas constituídas por pedra granítica e revestidas internamente a argamassa de cimento pintada tinta branca;

Paredes divisórias internas em tijolo revestidas de igual forma;

Vãos da sala, são compostos por madeira e vidro, existindo uma porta interna de madeira e uma janela exterior de guilhotina com caixilharia de madeira e vidro simples em que ambas são de elevada permeabilidade ao ar.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S/ N	Microrganismos – bactérias S/ N
Monóxido de Carbono S/ N	Microrganismos – fungos S/ N
Ozono S/ N	Temperatura interna S/ N
Humidade relativa (interna) S/ N	Temperatura externa S/ N
Humidade relativa (externa) S/ N	Partículas Suspensas no ar S/ N
Formaldeído S/ N	Legionella S/ N
Compostos orgânicos voláteis S/ N	Radão S/ N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1527.20	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0.11	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	474.70	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 28	Descrição
	Gabinete 306 (interior 1)
Foto nº 29	Descrição
	Gabinete 306 (interior 2)
Observações:	

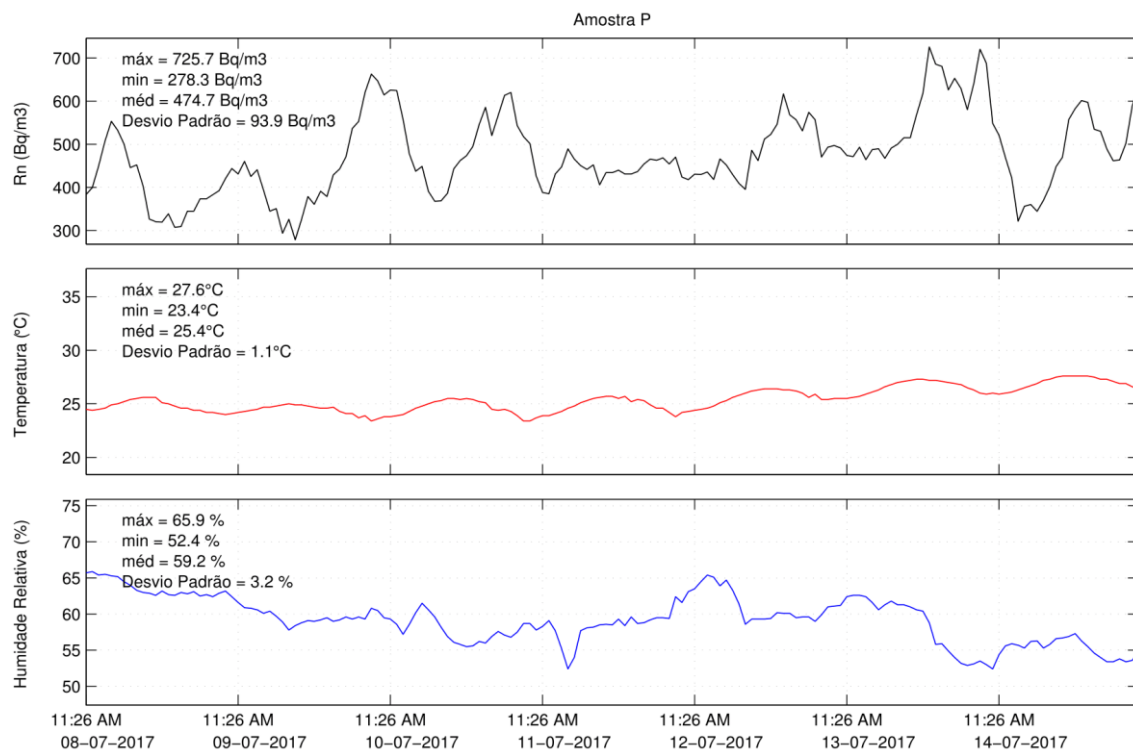


Gráfico 69 - Amostra P (Radão).

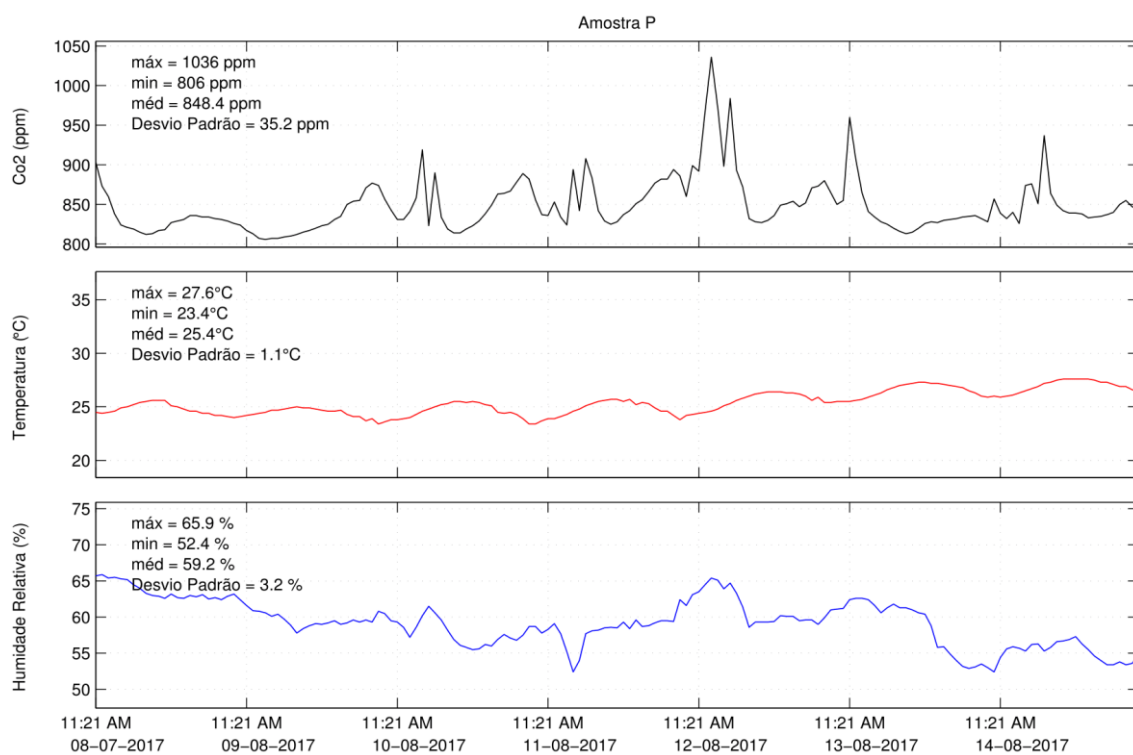


Gráfico 70 - Amostra P (Dióxido de Carbono).

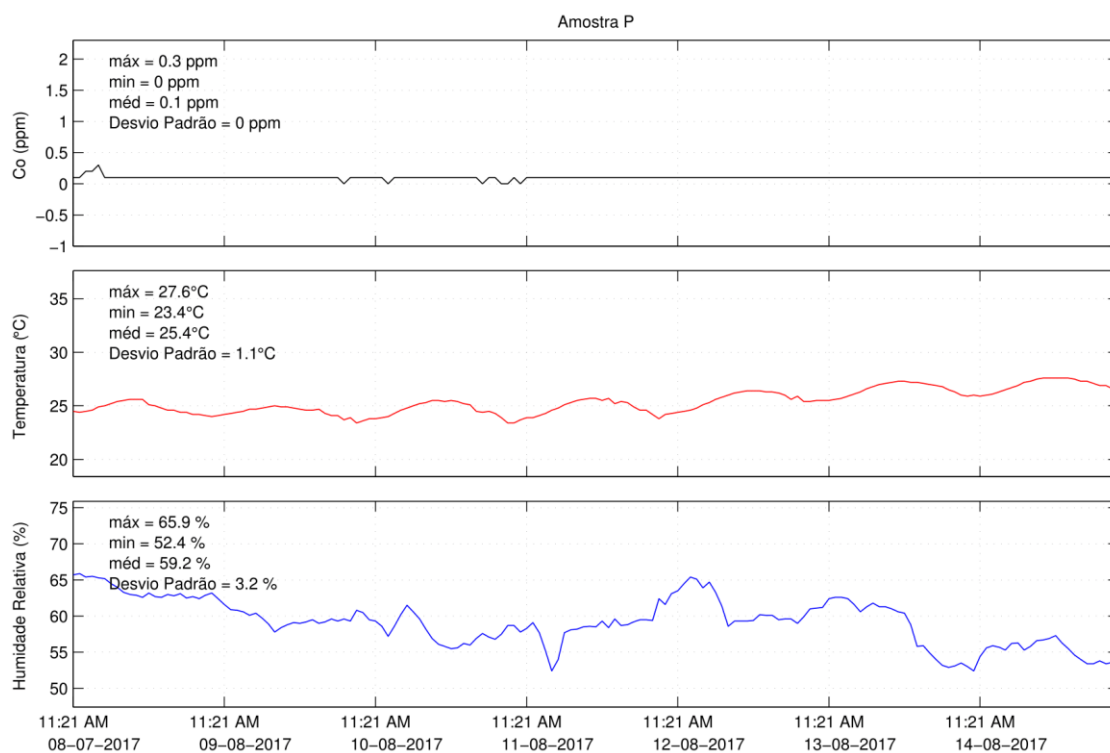


Gráfico 71 - Amostra P (Monóxido de Carbono).

Anexo XVIII - Amostra Q



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Edifício Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Local (município) Refóios do Lima - Ponte de Lima

Altitude do local (m) 66

Número de fachadas expostas ao exterior 6

Orientação de fachada principal

N	S	E	O ✓	NO	NE	SO	SE
---	---	---	-----	----	----	----	----

Fração em estudo Gabinete 307

Número de fachadas expostas ao exterior 1

Orientação da fração em estudo

N	S ✓	E	O	NO	NE	SO	SE
---	-----	---	---	----	----	----	----

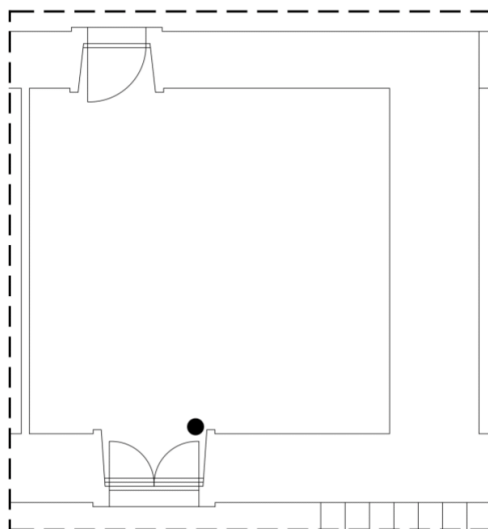
Piso da fração em estudo Piso 2

Área útil(m²) 20.12 Pé-direito (m) 3.30

Data (início) 08/07/ 2017 Data (fim) 15/07/ 2017

Hora (início) 11:29 Hora (fim) 09:29

Croqui/Planta da fração



Legenda:

Área = 20.12 m²
Pé-direito = 3,30 m
Volume = 66.40 m³

● Sensor - Radão



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Sistema(s) de climatização ☒ S / ☐ N

Sistemas Fixos

- Sistema centralizado ☒ S / ☐ N Quantidade 1
- Acumulador de calor S / ☒ N Quantidade _____
- Ar condicionado S / ☒ N Quantidade _____
- Lareira elétrica S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

Sistemas Móveis

- Irradiadores a óleo S / ☒ N Quantidade _____
- Irradiadores de infravermelhos S / ☒ N Quantidade _____
- Conectores S / ☒ N Quantidade _____
- Termoventiladores S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecimento de halogéneo S / ☒ N Quantidade _____
- Aquecedores a gás (catalíticos) S / ☒ N Quantidade _____
- Outro sistema de climatização S / ☒ N Quantidade _____
- Qual? _____ Quantidade _____

A fração será climatizada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de climatização e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria climatizada, embora se suponha que em dias de temperaturas reduzidas/altas haja a utilização do sistema fixo existente ou outro.



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração foi climatizada durante a medição? S / ☒ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de climatização	Quantidade
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				
__/__/__				

Ponto(s) de ventilação ☒ S / ☐ N

- Janelas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Portas ☒ S / ☐ N Quantidade 1 Classe de permeabilidade ao ar (1 a 4) s/c
- Chaminé S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Exaustor S / ☒ N Quantidade Capacidade de exaustão (m³/h)
- Extrator S / ☒ N Quantidade Capacidade de extração (m³/h)
- Grelha de ventilação S / ☒ N Quantidade Área da grelha (cm²)
- Outro tipo de ventilação S / ☒ N
Qual? Capacidade de extração (m³/h)



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

A fração será ventilada durante a medição? S / N

(caso a resposta seja SIM, descreva o dia, período, horário, tipo de ventilação e o ponto utilizado)

À data da monitorização não foi possível averiguar se a fração seria ventilada, embora se suponha que em dias de temperaturas elevadas se proceda à ventilação através da abertura dos vãos existentes.

A fração foi ventilada durante a medição? ☒ S ☐ N

(caso a resposta seja SIM, preencha o seguinte quadro)

Dia	Período	Horário	Tipo de Ventilação	Quantidade
<u>10/07/2017</u>	Manhã/Tarde	09:00/18:15	Janela/Porta	1/1
<u>11/07/2017</u>	Manhã/Tarde	10:20/17:00	Janela	1
<u>14/07/2017</u>	Manhã/Tarde	09:00/15:30	Janela	1
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				
<u> / / </u>				



Ficha de monitorização de Qualidade do ar interior em edifícios

Anotações:

(sinais de humidade e/ou infiltrações, principais materiais, envolvente, etc.)

Paredes externas e internas com espessuras elevadas constituídas por pedra granítica e revestidas internamente a argamassa de cimento pintada tinta branca; Parede divisória interna composta por tijolo, revestida a argamassa de cimento e pintada a tinta; Vãos da sala, são compostos por madeira e vidro, existindo uma porta interna de madeira e uma janela exterior de guilhotina com caixilharia de madeira e vidro simples.

Ensaio de receção (parâmetros medíveis) Qualidade do Ar Interior

Dióxido de Carbono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Microrganismos – bactérias S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Monóxido de Carbono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Microrganismos – fungos S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Ozono S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura interna <input checked="" type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (interna) <input checked="" type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Temperatura externa S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Humidade relativa (externa) S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Partículas Suspensas no ar S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Formaldeído S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Legionella S / <input checked="" type="checkbox"/> N
Compostos orgânicos voláteis S / <input checked="" type="checkbox"/> N	Radão <input checked="" type="checkbox"/> S / <input checked="" type="checkbox"/> N

Resultados (médios) das medições de Qualidade do Ar interior

Parâmetros	Concentração medida (média)	Concentração máxima de referência *
Partículas Suspensas no ar	-----	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	-----	2250 mg/m ³
Monóxido de Carbono	-----	10 mg/m ³
Ozono	-----	0,20 mg/m ³
Formaldeído	-----	0,10 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis	-----	0,60 mg/m ³
Microrganismos – bactérias	-----	500 UFC
Microrganismos – fungos	-----	500 UFC
Legionella	-----	100 UFC
Radão	873.00	400 Bq/m ³

*Portaria n.º 353-A/2013, referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 30	Descrição
	Gabinete 307 (interior 1)
Foto nº 31	Descrição
	Gabinete 307 (interior 2)
Observações:	

Registo Fotográfico - Qualidade do ar interior em edifícios

Foto nº 32	Descrição
	Gabinete 307 (interior 3)
Foto nº	Descrição
Observações:	

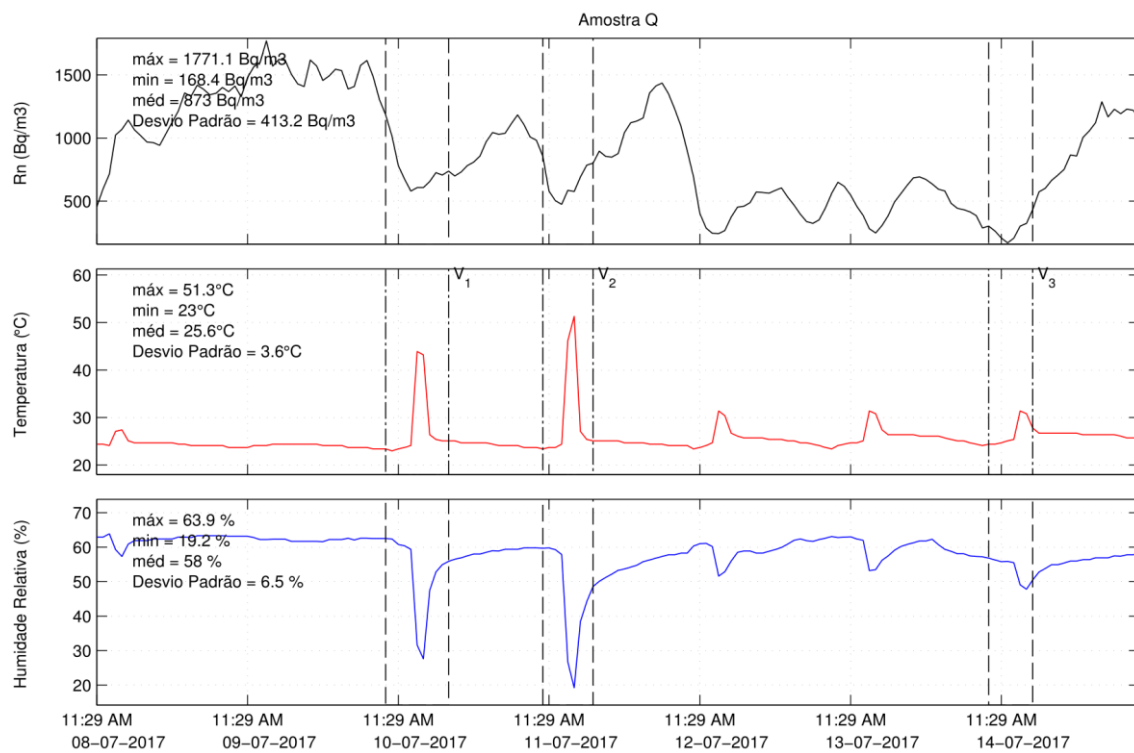


Gráfico 72 - Amostra Q (Radão).

Anexo XIX - Tabelas (1ª Fase)

Amostra A									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	604,5	29,6	281,7	260,95	189,73	379,63	376,59	230,72	237,85
Humidade Relativa (%)	65	50,1	55,9	55,6	52	59,68	56,31	56,19	55,26
Temperatura (°C)	20	18,3	19,4	19,4	19,4	19,7	19,35	19,38	19,55

Amostra B									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	434,4	8,8	137,2	97,5	69,68	183,1	185,14	142,83	83,5
Humidade Relativa (%)	68,6	43,7	56,2	70,2	63,18	74,98	57,19	56,65	54,8
Temperatura (°C)	22,2	17,4	18,4	16,3	16	16,3	18,21	18,41	18,58
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1021	693	727,7	Dióxido de Carbono (mg/m³)			1837,8	1247,7	1309,4
Monóxido de Carbono (ppm)	1	0	0,3	Monóxido de Carbono (mg/m³)			1,15	0	0,34

Amostra C									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1090,7	314,3	721,2	698,5	616,1	850,9	810,76	749,21	604,1
Humidade Relativa (%)	70,7	62,9	67,5	67,9	65,6	69,1	67,95	67,25	67,35
Temperatura (°C)	20	18,3	19,2	19	18,7	19,4	18,99	19,21	19,29
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1404	754	944,4	Dióxido de Carbono (mg/m³)			2527,2	1357,2	1699,92
Monóxido de Carbono (ppm)	1,3	0,5	0,9	Monóxido de Carbono (mg/m³)			1,49	0,57	1,03

Amostra D									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	905	206,1	569,1	572,7	461,3	666	600,95	589,55	517,17
Humidade Relativa (%)	99,3	76,7	95	96,6	94,3	97,1	95,68	94,23	95,11
Temperatura (°C)	16,7	15	16	16	15,7	16,3	16,03	15,87	16,05

Amostra E									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1211,1	253,2	642,2	610,1	469,5	791,8	745,95	652,76	528,09
Humidade Relativa (%)	67,8	44,2	60,8	19,7	19	20,7	61,07	61,84	59,36
Temperatura (°C)	23,4	18,3	19,9	64,9	55	65,7	19,47	19,63	20,58

Amostra F									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1095	75,9	525,6	539,6	321	691,65	624,62	521,85	430,24
Humidade Relativa (%)	65,9	39,1	53,6	64,15	51,1	66,43	53,3	54,32	53,72
Temperatura (°C)	23,9	21,7	22,7	21,7	20,4	22,4	22,58	22,73	22,89
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	2502	730	1007,2	Dióxido de Carbono (mg/m³)			4503,6	1314	1812,96
Monóxido de Carbono (ppm)	0,7	0,1	0,1	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,8	0,11	0,11

Amostra G									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	2144,2	383,4	1033,8	929,4	626,4	1453,9	1299,6	950,85	849,55
Humidade Relativa (%)	66,4	48,3	54,3	56,5	55,6	60,5	53,84	54,85	54,33
Temperatura (°C)	25,9	21,1	24	22,7	21,4	23,7	24,2	23,73	24,18
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1186	760	867,9	Dióxido de Carbono (mg/m³)			2134,8	1368	1562,2
Monóxido de Carbono (ppm)	0,9	0,1	0,1	Monóxido de Carbono (mg/m³)			1,03	0,11	0,11

Amostra H									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	752,3	137,7	428,1	428,5	327,6	522,9	462,85	459,79	362,15
Humidade Relativa (%)	74	55,6	64,9	64,5	63	65,8	65,6	65,05	64,14
Temperatura (°C)	23,4	18,7	21,6	21,4	20,7	22,4	21,64	21,25	21,77

Amostra I									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Vlores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	860,4	206,3	492,3	487,7	387,3	593,4	521,78	429,24	524,03
Humidade Relativa (%)	67	59,2	63	63,5	60,5	64,9	62,12	63,38	63,49
Temperatura (°C)	25,1	22,4	23,7	23,7	23	24,1	23,53	23,26	24,26

Amostra J									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	868,1	199,6	518,2	520,5	445	604,7	565,53	517,25	471,72
Humidade Relativa (%)	71,3	54,4	60,7	64,6	61,8	66,7	60,04	61,42	60,53
Temperatura (°C)	25	20,8	23,9	23	22,7	23,7	23,72	23,71	24,24
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1856	781	879,4	Dióxido de Carbono (mg/m³)			3340,8	1405,8	1582,92
Monóxido de Carbono (ppm)	1,5	0,1	0,2	Monóxido de Carbono (mg/m³)			1,72	0,11	0,11

Anexo XX - Tabelas (2ª Fase)

Amostra K									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- K1	607,7	69,5	289,7	297	222,9	364,9	338,83	267,2	276,6
Concentração de Radão (Bq/m³)-K2	740,7	144,5	467,3	487,6	358,6	563,5	570,86	406,6	437,58
Humidade Relativa (%)	62,9	49,2	57,5	64,1	62,9	65,9	64,61	63,42	64,45
Temperatura (°C)	23,9	22,7	23,3	21,4	21,4	21,7	21,31	21,49	21,64
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	850	762	791	Dióxido de Carbono (mg/m³)			1530	1371,6	1423,8
Monóxido de Carbono (ppm)	0,5	0,1	0,14	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,6	0,1	0,2

Amostra L									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- L1	898,7	186,2	505,3	515,8	375,1	626,1	587,43	471,1	456,66
Concentração de Radão (Bq/m³)-L2	1005,4	107,4	486,1	457,3	321,5	633	527,71	426,63	502,96
Humidade Relativa (%)	72,6	61,7	70,1	76,7	74,7	78	70,42	69,27	70,66
Temperatura (°C)	23,8	21,5	22,5	20,4	20	20,7	22,35	22,53	22,54
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1301	760	929,7	Dióxido de Carbono (mg/m³)			2341,8	1368	1673,5
Monóxido de Carbono (ppm)	1,2	0,1	0,4	Monóxido de Carbono (mg/m³)			1,4	0,1	0,5

Amostra M									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- M1	3303,2	209,8	1478,1	1382,7	793,2	2139	1789,09	1384,98	1258,54
Concentração de Radão (Bq/m³)-M2	2939,1	99,7	1084,8	25,7	25,1	26,1	1395,92	968,84	887,59
Humidade Relativa (%)	68,2	44,5	56	59,1	56,5	61,4	56,45	57,63	53,84
Temperatura (°C)	28,9	23,5	27,3	26,4	26,1	27,1	27,48	26,64	27,82
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1012	753	840,1	Dióxido de Carbono (mg/m³)			1821,6	1355,4	1512,2
Monóxido de Carbono (ppm)	0,2	0,1	0,1	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,23	0,11	0,11

Amostra N									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)- N1	806,3	138,6	397,7	385,7	278,4	507,1	461,96	372,92	359,02
Concentração de Radão (Bq/m³)-N2	632,4	32,1	236,8	217,4	112,1	342,6	303,69	221,38	187,74
Humidade Relativa (%)	57,5	36,1	44,7	47,4	46,2	49,1	44,85	44,23	44,98
Temperatura (°C)	30,7	26,1	28,3	26,1	25,4	27,8	28,35	28,48	28,16
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1137	785	855,5	Dióxido de Carbono (mg/m³)			2046,6	1413	1539,9
Monóxido de Carbono (ppm)	0,1	0	0	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,1	0	0

Amostra O									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos 16-24h		
							0-8h	8-16h	
Concentração de Radão (Bq/m³)- O1	1338	422,6	989,6	1048,9	872,5	1133,1	1014,52	1029,2	926,36
Concentração de Radão (Bq/m³)-O2	881,4	102	454,8	425,35	418	535	519,98	446,63	397,46
Humidade Relativa (%)	60,4	34,8	50,7	54,4	53,2	56,5	52,46	48,75	50,77
Temperatura (°C)	29,4	23,7	27,1	25,7	25,1	26,4	26,56	27,37	27,43
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1057	804	862,6	Dióxido de Carbono (mg/m³)			1902,6	1447,2	1552,6
Monóxido de Carbono (ppm)	0,1	0	0	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,1	0	0

Amostra P									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos 16-24h		
							0-8h	8-16h	
Concentração de Radão (Bq/m³)	725,7	278,3	474,7	463,7	418	535	509,11	483,07	432,05
Humidade Relativa (%)	60,4	34,8	50,7	61,2	58,9	62,4	58,11	60,03	59,51
Temperatura (°C)	29,4	23,7	27,1	24,7	23,7	25,4	25,51	24,77	25,88
	Máximo	Mínimo	Média				Máximo	Mínimo	Média
Dióxido de Carbono (ppm)	1036	806	848,4	Dióxido de Carbono (mg/m³)			1864,8	1450,8	1527,1
Monóxido de Carbono (ppm)	0,3	0	0	Monóxido de Carbono (mg/m³)			0,3	0	0

Amostra Q									
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Valores Médios 3 Períodos		
							0-8h	8-16h	16-24h
Concentração de Radão (Bq/m³)	1771,1	168,4	873	809,5	557,9	1214,7	1038,19	738,07	840,43
Humidade Relativa (%)									
Temperatura (°C)									

ERRO DE SONDA.